



TALOTEKNIIKAN ENERGIATEHOKKUUS

Olli Syrjälä

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

SYRJÄLÄ, OLLI:

Talotekniikan energiatehokkuus

Opinnäytetyö 200 sivua, joista liitteitä 150 sivua
Huhtikuu 2014

Euroopan unionin (EU) asettamat tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ovat tiukentumassa vuosille 2021–2030, mikä tarkoittaa myös energiatehokkuustavoitteiden ja niihin liittyvien ohjaustoimien tiukentumista entisestään. Kansallisella tasolla tämä tarkoittaa ohjaustoimien edellyttämien toimenpiteiden lisääntymistä, joka käytännössä näkyy esimerkiksi jatkuvasti muuttuvina määräyksinä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä talotekniikan energiatehokkuuteen ja selvittää asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksia. Opinnäytetyön keskeiset tavoitteet olivat työntekijän asiantuntemuksen syventäminen sekä kuvauksen laatiminen talotekniikan energiatehokkuuden osatekijöistä ja sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksista asuinrakennuksissa. Opinnäytetyön aiheen ja tavoitteet on antanut rakennussuunnittelun kokonaissuunnittelutoimisto Optiplan Oy.

Opinnäytetyön tuloksena Optiplan Oy:lle laadittiin opas talotekniikan energiatehokkuuteen ja asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamiseen (liite 1). Oppaalla tavoitellaan talotekniikan energiatehokkuuteen liittyvien keskeisten osatekijöiden ja asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksien sekä energiansäästöpotentiaalien tiedostamista. Oppaan sisältö on laadittu siten, että sitä voidaan käyttää sähköisessä muodossa tiedonhankinnan ja suunnittelun tukimateriaalina.

Opinnäytetyön aihe on erittäin ajankohtainen ja monitahoinen, mikä vaikutti merkittävästi niin tutkimustyön luonteeseen kuin myös oppaan sisällön muodostumiseen ja laajuuteen. Tässä opinnäytetyöraportissa käsitellään oppaan sisältöä ja sen taustalla vaikuttavaa tutkimustyötä sekä esitetään niiden perusteella johtopäätöksiä.

Tutkimustyön ja oppaan sisällön perusteella voidaan todeta, että talotekniikan energiatehokkuudessa korostuu kokonaisuuden hallinta kaikilla osa-alueilla. Erityistä huomiota tulee kiinnittää laadullisten tekijöiden täyttymiseen ennen energiansäästöä. Energiatehokasta ja nykyaikaista asuinrakennusta tavoiteltaessa tulisi erityisesti kiinnittää huomiota rakennusautomaation merkitykseen ja vaikutusmahdollisuuksiin energiatehokkuuden muodostumisessa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Building Services

OLLI SYRJÄLÄ:
Energy Efficiency in Building Engineering

Bachelor's thesis 200 pages, appendices 150 pages
April 2014

The objectives set by the European Union (EU) to reduce greenhouse gas emissions will be tightening for the years 2021–2030. This means that the energy efficiency objectives and the control measures related to them will also be tightened further. At the national level this will lead into an increase in the number of the measures required by control actions. In practice, this can be seen e.g. as continuously changing regulations.

The purpose of the thesis was to investigate the energy efficiency in building engineering and the possibilities of intensifying the use of electricity in residential buildings. The main objective of the thesis was to describe the factors related to energy efficiency in building engineering, and to discuss the possibilities of intensifying the use of electricity in residential buildings as well as to deepen the worker's expertise.

The outcome of the thesis is a guidebook on energy efficiency in building engineering and on intensifying the use of electricity in residential buildings (appendix 1). The guidebook aims at increasing knowledge of the central factors related to energy efficiency in building engineering and realizing the possibilities of saving energy by intensifying the use of electricity in residential buildings. The contents of the guidebook have been drafted in a way that it can be used in an electronic form as support material for gaining information and for planning.

The subject of the thesis is extremely topical and also complex which affected to the nature of the research work significantly, as well as the contents and scope of the guidebook. The contents and the research work in the background, as well as the conclusions made on the basis of the research are dealt with in this written report.

The research work and the contents of the guidebook indicate that the control of the wholeness is emphasized when regarding energy efficiency in building engineering in all sectors. Special attention must be paid to the realization of the qualitative factors, before energy savings. When reaching for energy efficient and modern residential building, attention should be especially paid to the significance of building automation and its effect on energy efficiency.

Key words: building engineering, energy efficiency, electricity

SISÄLTÖ

ERITYISSANASTO	5
1 JOHDANTO.....	6
2 ENERGIATEHOKKUUS	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Energia- ja ilmastopolitiikka.....	10
2.3 Energiatehokkuuden edistäminen Suomessa	11
3 ENERGIATEHOKKUUS RAKENTAMISESSA	15
3.1 Energiatehokas rakentaminen	15
3.2 Sisäolosuhteet ja niiden hallinta	17
3.3 Energiatehokkuuden varmistaminen.....	18
3.4 Asuinrakennusten energiankulutus	20
4 TALOTEKNISET RATKAISUT.....	23
4.1 Rakennusautomaatio	24
4.2 Ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys	26
4.3 Puhallin- ja pumppukäytöt.....	29
4.4 Valaistus.....	31
4.5 SmartLight–teknologia	34
4.6 Aurinkosuojaus	36
4.7 Hissikäytöt	38
4.8 Kotitalouskuormat	39
4.9 Energiankäytön hallinta	42
5 POHDINTA.....	47
LIITTEET	50
Liite 1. TALOTEKNIIKAN ENERGIATEHOKKUUS, Opas (sivut 51–200)	50

ERITYISSANASTO

Energiatehokkuus	kuvaa energiankäytön hyötysuhdetta, joka muodostuu suoritteen tai palvelun ja sen tuottamiseen tarvittavan energiamäärän suhteesta
Asuinrakennus	luokan 1 rakennukset (pientalot ja rivitalot) luokan 2 rakennukset (asuinkerrostalot)
E-luku	kuvaa rakennuksen laskennallista kokonaisenergiankulutusta
SFP-luku	kuvaa ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuutta eli paljonko tarvitaan sähkötehoa yhden ilmakeuution siirtämiseen sekunnissa
Hyötysuhdeluokka	IE-hyötysuhdeluokka, joka kuvaa moottorin hyötysuhdetta
EC-moottori	elektronisesti kommutoitu tasavirtamoottori
Energianäyttö	kotitalouskäyttöön suunniteltuja laitteita, jotka mahdollistavat sähkönkulutuksen reaaliaikaisen seurannan koko kotitalouden tasolta

1 JOHDANTO

Euroopan Unionin (EU) jäsenmaita velvoittaa yhteiset tavoitteet vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, minkä yksi keskeisimmistä osatekijöistä koskee energiatehokkuuden parantamista 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. EU:n asettamat tavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ovat tiukentumassa vuosille 2021–2030, mikä tarkoittaa myös energiatehokkuustavoitteen ja siihen liittyvien EU-tason ohjaustoimien tiukentumista entisestään.

Erityisesti rakentamisen energiatehokkuuden parantamiseen ja edistämiseen tarkoitetut ohjaustoimet ovat tärkeässä asemassa, sillä rakennukset kuluttavat yli 40 prosenttia koko EU:n kokonaisenergiankulutuksesta. Ohjaustoimien tiukentuminen tarkoittaa rakentamisessa sitä, että myös niiden edellyttämät kansallisen tason toimenpiteet tulevat lisääntymään entisestään. Käytännössä tämä tulee näkymään uusina asetuksina sekä jatkuvasti muuttuvina määräyksinä ja ohjeina.

Suomessa rakennukset kuluttavat yhteensä noin 40 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta, josta asuinrakennusten muodostama osuus noin 20 prosenttia. Asuinrakennukset kattavat noin 85 prosenttia Suomen koko rakennuskannasta ja tämän laajentuessa, myös sen energiankulutuksen lisääntyminen on väistämätöntä. Energiankulutuksen kasvun ja energian jatkuvan hinnannousun sekä yleisen ympäristötietoisuuden lisääntymisen myötä on tärkeää löytää sellaisia ratkaisuja, joilla asumisen energiankulutusta voidaan vähentää. Asuinrakennusten energiatehokkuus on siis erittäin ajankohtainen ja merkittävä aihe, niin nykypäivän kuin tulevaisuuden rakentamisessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä talotekniikan energiatehokkuuteen ja selvittää asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksia. Talotekniikan energiatehokkuuteen oli tarkoitus perehtyä politiikan, rakentamisen, taloteknisten ratkaisujen ja sähkönkäytön näkökulmista. Asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksia oli tarkoitus selvittää taloteknisten ratkaisujen ja niihin liittyvien energiansääöpotentiaalien näkökulmista.

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli työntekijän asiantuntemuksen syventäminen, mitä voidaan mahdollisesti hyödyntää tulevaisuuden työtehtävissä. Tämän lisäksi tavoitteena oli laatia kuvaus talotekniikan energiatehokkuuden osatekijöistä ja asuinrakennus-

ten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksista. Talotekniikan energiatehokkuuden osatekijöistä oli tavoitteena laatia kuvaus niin, että voidaan tiedostaa sen taustalla vaikuttavat poliittiset tekijät sekä rakentamiseen ja sähkönkäyttöön liittyvät osatekijät. Asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksista oli tavoitteena laatia kuvaus niin, että voidaan hahmottaa keskeisimmät energiatehokkaat ratkaisut sekä niiden energiansäästöpotentiaalit.

Opinnäytetyön aiheen ja tavoitteet on antanut rakennussuunnittelun kokonaissuunnittelutoimisto Optiplan Oy. Opinnäytetyön tuloksena Optiplan Oy:lle laadittiin tavoitteiden mukainen kuvaus talotekniikan energiatehokkuuden osatekijöistä ja asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksista. Kuvaus laadittiin oppaaksi ja siten, että sitä voidaan käyttää sähköisessä muodossa tiedonhankinnan ja suunnittelun tukimateriaalina (liite 1, TALOTEKNIKAN ENERGIAHEHOKKUUS, Opas talotekniikan energiatehokkuuteen ja asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamiseen).

Tässä opinnäytetyöraportissa käsitellään oppaan sisältöä ja tarkoitusta sekä sen taustalla vaikuttavaa tutkimustyötä. Keskeiset johtopäätökset ja pohdinnat käsitellään oppaan sisällön käsittelyn yhteydessä. Oppaan sisällöstä muodostui kuitenkin niin laaja kokonaisuus, ettei sitä voida tässä opinnäytetyöraportissa käsitellä läheskään siinä laajuudessa kuin opinnäytetyöntekijä haluaisi.

Tämä opinnäytetyöraportti noudattaa oppaan mukaista rakennetta, mutta kuitenkin niin, että oppaan kolmannen ja neljännen tason lukuja ei ole otsikoitu tässä raportissa. Oppaan ensimmäisessä luvussa perehdytään energiatehokkuuteen poliittisesta näkökulmasta, jossa korostuu poliittisesti asetetut tavoitteet sekä ohjaustoimet energiatehokkuuden edistämiseksi. Toisessa luvussa perehdytään energiatehokkuuteen rakentamisessa, jossa korostuu energiatehokkaan rakentamisen osatekijät, laadulliset tekijät sekä rakennusten energiatehokkuuden ja laadun varmistamiseksi annetut määräykset ja ohjeet. Kolmannessa luvussa käsitellään asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksia, jossa korostuu rakennusautomaation vaikutus energiatehokkuuteen sekä taloteknisten osajärjestelmien tarpeenmukaistetut käytöt ja ilmaisenergioiden tehokas hyödyntäminen.

2 ENERGIA TEHOKKUUS

Tämän luvun tarkoituksena oppaassa on lähtökohtien selvittäminen sekä syventyminen aiheen taustoihin, jotta voidaan tiedostaa koko oppaan keskeisin merkitys. Tarkoituksena on selvittää energiatehokkuuteen ja energiankäyttöön liittyvät yleiset määritelmät ja kuvaukset sekä energia- ja ilmastopoliittisten tekijöiden merkitys talotekniikan energiatehokkuudessa.

Keskeisin tavoite on energia- ja ilmastopoliittisten tekijöiden ja energiatehokkuuden edistämiseen liittyvien toimenpiteiden esittäminen oppaassa niin, että voidaan tiedostaa niiden merkitys rakentamisen ja talotekniikan energiatehokkuudessa sekä sen ohjaamisessa. Tavoitteena on vastata kysymyksiin, miksi energiatehokkuutta parannetaan ja edistetään rakentamisessa sekä mitkä ovat keskeisimmät politiikan asettamat tavoitteet ja miten ne vaikuttavat rakentamiseen. Tavoitteena on vastata kysymyksiin niin, että voidaan tiedostaa energia- ja ilmastopoliittisten tekijöiden yhteys talotekniikan energiatehokkuuteen ja asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamiseen sekä oppaan muuhun sisältöön.

Tämän luvun tutkimukset aloitettiin alustavina tutkimuksina, joiden tarkoituksena oli selvittää yleiset ja ajankohtaiset asiat, kuten energiatehokkuudelle ominaiset määritelmät ja kuvaukset. Tarkoituksena oli lisäksi hahmottaa oppaan ensimmäisen luvun rakennetta ja keskeisiä tekijöitä sekä selvittää tutkimuksien tarpeellisuutta. Tämän jälkeen tutkimuksissa syvennettiin energia- ja ilmastopolitiikkaan ja sen ohjaustoimiin sekä energiatehokkuuden edistämiseen liittyviin toimenpiteisiin. Tämän luvun selvitykset käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 8–33 (liite 1).

2.1 Yleistä

Oppaan tässä luvussa käsitellään energiatehokkuuteen ja energiankäyttöön liittyvät yleiset ja ajankohtaiset asiat. Opasta laadittaessa koettiin oleelliseksi ensimmäisenä tutkia ja selvittää energiankäyttöön ja energiatehokkuuteen liittyvät yleiset asiat, jotta voidaan hahmottaa ja tiedostaa oppaan sisällön kannalta keskeisiä taustatekijöitä.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää aiheeseen liittyvien asiasanojen määritelmät ja kuvaukset sekä niihin liittyvät ajankohtaiset tekijät. Tämän perusteella oppaaseen muodostui yleisiä asioita käsittelevä osa, joka toimii samalla johdantona oppaan ensimmäiseen lukuun. Energiankäyttöön ja energiatehokkuuteen liittyvät yleiset asiat käsitellään lyhyesti sekä helposti ymmärrettävällä tavalla oppaan sivulla 8 (liite 1).

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.8) energiaa nykyaikaisen elämän ja yhteiskunnan keskeiseksi mahdollistajaksi. Samalla energiankulutuksen vähentäminen ja sen tarpeettoman käytön estäminen ovat kuitenkin yksi ajankohtaisimmista aiheista ja keskeisimmistä tavoitteista Euroopan Unionissa (EU). Energiankulutuksen vähentämisellä ja energian tarpeettoman käytön estämisellä tarkoitetaan tässä yhteydessä energiatehokkuuden parantamista.

Oppaan sivua 8 mukaillen, energiatehokkuudella tarkoitetaan energiankäytön hyötysuhdetta, jota voidaan kuvailla niin taloudellisesta, teknisestä, energian laadullisesta kuin päästö- ja ilmastovaikutusten sekä omavaraisuuden näkökulmasta. Energiatehokkuutta voidaan parantaa myötävaikuttamalla energiankäytön hyötysuhteeseen, jota kutsutaan tässä yhteydessä energiankäytön tehostamiseksi.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.8), että energiankäytön tehostamisella tarkoitetaan sellaisten toimenpiteiden toteuttamista, joilla halutun suoritteen tai palvelun tuottamiseen tarvittavaa energiamäärää pienennetään ja/tai sen tuottamaa hyötyä parannetaan. Erityisen tärkeää on tiedostaa, että energiankäytön tehostamiseen liittyvät toimenpiteet eivät saa vaikuttaa heikentävästi suoritteen tai palvelun laadullisiin tekijöihin esimerkiksi sisäilmaston laatuun.

Alustavat selvitykset osoittivat, että opinnäytetyön aihe on erittäin laaja ja monitahoinen sekä sen taustalla vaikuttaa merkittävät poliittisesti asetetut EU-tason tavoitteet ja niiden mukaiset ohjaustoimet energiatehokkuuden edistämiseksi.

2.2 Energia- ja ilmastopolitiikka

Oppaan tässä luvussa syvennyttään energia- ja ilmastopoliittisiin tekijöihin, joiden merkitys talotekniikan energiatehokkuudessa osoittautui pintapuolisten tutkimuksien jälkeen erittäin ajankohtaiseksi aiheeksi sekä oleelliseksi ja tarpeelliseksi selvittää oppaan sisällön kannalta.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää oppaan taustoja ja niiden yhteyttä rakentamisen ja talotekniikan energiatehokkuuteen. Keskeisenä tarkoituksena on energiatehokkuuteen liittyvien poliittisten tekijöiden selvittäminen, esimerkiksi EU-tason tavoitteet ja kansallisen tason toimenpiteet.

Tutkimukset kohdistuivat EU:n yhteisen energia- ja ilmastopolitiikan asettamien tavoitteiden mukaisiin linjauksiin, jotka muodostavat pohjan myös kansalliselle energia- ja ilmastopolitiikalle. Tämän lisäksi tutkittiin kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan nykytilannetta ja tulevaisuutta sekä toimenpiteitä EU:n asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään EU:n sekä Suomen energia- ja ilmastopolitiikkaa ja kansallista energia- ja ilmastostrategiaa vuodelta 2008 ja 2013. Selvitykset energia- ja ilmastopolitiikan keskeisimmistä tekijöistä käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 8–15 (liite 1).

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.8) energiatehokkuuden parantamista yhdeksi keskeisimmistä ja tärkeimmistä tavoitteista EU:n yhteisessä energia- ja ilmastopolitiikassa. Erityisesti rakennusalan energiatehokkuuden parantaminen ja edistäminen ovat ratkaisevan tärkeässä asemassa tavoitteisiin pyrittäessä. Tämän taustalla vaikuttaa se, että rakennukset kuluttavat noin 40 prosenttia EU:n kokonaisenergian loppukulutuksesta.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.9), että EU:n jäsenmaita velvoittaa vuodelle 2020 asetettu tavoite vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosentilla vuoden 1990 tasosta, nostaa uusiutuvien energialähteiden osuus 20 prosenttiin EU:n kokonaisenergian loppukulutuksesta sekä parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla. Tämän lisäksi EU:n pitkän aikavälin tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen jopa 80–95 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä (liite 1, s.10). Tällä hetkellä EU:ssa keskustellaan kasvihuonekaasupäästötavoitteista, jotka koskevat vuosia 2021–2030. EU:ssa

on esitetty kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteeksi 40 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä.

Tutkimuksista selviää, että poliittiset tavoitteet energiatehokkuuden parantamiseksi on asetettu hyvin korkealle ja lyhyelle aikavälille sekä kunnianhimoisesti myös pitkälle tulevaisuuteen. Poliittinen toiminta on hyvin aktiivista ja ajankohtaista, mikä ilmenee vuosia 2021–2030 koskevista päästötavoitteista. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että EU:n asettamat tavoitteet kiristyvät entisestään, mikä vaikuttaa suoraan myös energiatehokkuusvaatimusten kiristymiseen.

Voidaan todeta, että EU:n tavoitteet muodostavat taustan jatkuvasti kiristyvälle energiatehokkuusvaatimuksille ja kansallisen tason toimenpiteet energiatehokkuuden edistämiseksi ovat nykyisin voimakkaasti EU-tasolta ohjattuja. On selvää, että tavoitteiden kiristymisen myötä EU:n ohjaustoimet ja niiden vaatimat kansallisen tason toimenpiteet energiatehokkuuden edistämiseksi tulevat lisääntymään.

2.3 Energiatehokkuuden edistäminen Suomessa

Oppaan tässä luvussa käsitellään energiatehokkuuden edistämistä ja siihen liittyviä poliittisia ohjaustoimia, joiden merkitys rakentamisessa osoittautui pintapuolisten tutkimuksien jälkeen erittäin oleelliseksi ja tarpeelliseksi selvittää oppaan sisällön kannalta.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää energiatehokkuuden edistämisen taustalla vaikuttavia tekijöitä ja niiden yhteyttä rakentamisen energiatehokkuuteen. Tarkoituksena on selventää energiatehokkuuden edistämisen laajuutta sekä vaikutusta rakentamisen energiatehokkuuden ohjaamiseen nyt ja tulevaisuudessa.

Tutkimukset kohdistuivat oppaan aiheen kannalta keskeisiin energiatehokkuuden edistämiseen liittyviin tekijöihin, joita tutkittiin rakentamisen ja sähkönkäytön näkökulmasta. Tutkimukset aloitettiin EU-direktiivien mukaisista ohjaustoimista ja vaatimuksista sekä niiden edellyttämistä kansallisen tason täytäntöönpanotoimenpiteistä. Tämän jälkeen tutkimukset kohdistettiin rakentamisen ja sähkönkäytön kannalta keskeisiin energiatehokkuuden edistämiseen liittyviin toimenpiteisiin Suomessa, kuten säädöksiin ja määräyksiin. Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään energiatehokkuuden edis-

tämistä ja siihen liittyviä ohjaustoimia sekä niiden vaatimia kansallisen tason toimenpiteitä hyvin laajasti. Selvitykset energiatehokkuuden edistämisestä käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 15–33 (liite 1), joka noudattaa seuraavaa rakennetta:

- EU-direktiivit
- Valtioneuvoston periaatepäätökset
- Sädökset ja määräykset
- Standardit ja ohjeet
- Energiatodistukset
- Energiakatselmukset
- Energiatehokkuussopimukset

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.15) tuotteiden energiatehokkuuden edistämistä yhtä tärkeäksi kuin rakentamisen energiatehokkuuden edistämistä, kun pyritään EU:n asettamiin tavoitteisiin. Tuotteita koskevien energiatehokkuusvaatimusten arvioidaan kattavan jopa neljäsosan EU:n asettamasta 20 prosentin energiatehokkuustavoitteesta. Tunnetuin tuotteita koskeva ohjaustoimi ja sen edellyttämä toimenpide liittyy valaistukseen, minkä myötä hehkulamput ovat poistuneet markkinoilta ja muita energiatehottomia lampuja tullaan poistamaan jatkossa asteittain markkinoilta.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.18), että kaikkien uudisrakennuksien tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2021 jälkeen. Lähes nollaenergiarakennuksille ominaisia arvoja ei kuitenkaan ole määritelty EU-tasolla eikä myöskään vielä kansallisella tasolla. Tähän liittyen kansallisella tasolla tullaan määrittelemään lähes nollaenergiarakennuksille ominaiset arvot, mikä todennäköisesti tulee vaikuttamaan myös merkittävästi rakentamisen määräyksiin ja ohjeisiin. Voidaan todeta, että tämä on erittäin ajankohtainen sekä keskeinen rakentamista ja rakennuksia koskeva ohjaustoimi, joka vaatii kansallisen tason toimenpiteitä.

Tutkimukset vahvistavat sen, että poliittiset ohjaustoimet energiatehokkuuden edistämiseksi ovat erittäin voimakkaita ja erittäin tärkeässä asemassa EU:n asettamiin tavoitteisiin pyrittäessä. Erityisesti rakentamisen energiatehokkuuden edistäminen ja ohjaaminen Suomessa on hyvin aktiivista sekä yhä enenevässä määrin lähtöisin EU:n yhteisen energia- ja ilmastopolitiikan asettamista tavoitteista. Keskeisessä roolissa, rakentamisen energiatehokkuuden edistämisessä, ovat EU-direktiivien mukaiset vaatimukset ja ohja-

ustoimet sekä niiden edellyttämät kansallisen tason toimenpiteet. EU-direktiivejä käsitellään oppaan sivuilla 16–19 (liite 1).

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.22) Suomen rakentamismääräyskokoelmaa yhdeksi tärkeimmistä energiatehokkuuteen liittyvistä ohjaustoimista rakentamisessa. Rakentamismääräyskokoelma uudistui heinäkuussa 2012, mihin vaikutti Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU edellyttämät täytäntöönpanotoimenpiteet. Keskeisin rakennusten energiatehokkuuteen liittyvä muutos kohdistui rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen selvittämiseen, mitä nykyisin kuvataan E-luvulla. Samalla uudistuivat energiatodistusta koskevat lait, jotka tulivat voimaan kesäkuussa 2013. Rakentamismääräyskokoelmaa käsitellään oppaan sivuilla 22–24 (liite 1) ja energiatodistusta käsitellään sivuilla 24 ja 29 (liite 1).

Tutkimuksista selviää, että Suomen lainsäädännössä on saatettu voimaan useita säädöksiä ja asetuksia, jotka koskevat uudisrakentamisen, korjausrakentamisen ja muutostöiden energiatehokkuutta, energiatodistuksia sekä tuotteiden ekologista suunnittelua ja energiamerkintää. Rakentamisen ja rakennusten energiatehokkuutta koskevan lainsäädännön tavoitteena on EU:n asettamien tavoitteiden varmistaminen sekä energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian käytön edistäminen, rakennusten energiakulutuksen pienentäminen ja kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokas vähentäminen. Rakentamisen ja talotekniikan energiatehokkuutta koskevat keskeisimmät säädökset ja määräykset käsitellään oppaan sivuilla 21–27 (liite 1).

Energiatehokkuuteen liittyvät standardit ja ohjeet ovat myös keskeisessä roolissa EU:n energiatehokkuustavoitteiden varmistamisessa. Standardit yhdessä säädösten kanssa määrittävät energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset ja toimijat puolestaan vastaavat siitä, miten vaatimustenmukaisuus osoitetaan. Rakentamisen ja rakennusten energiatehokkuuteen sekä sähkönkäyttöön liittyviä keskeisiä standardeja ja ohjeita käsitellään oppaan sivuilla 27–28 (liite 1).

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että kasvihuonekaasupäästötavoitteiden kiristymisen myötä, myös energiatehokkuuden edistäminen ja siihen liittyvät toimenpiteet pysyvät aktiivisina. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että uusia lakeja ja asetuksia energiatehokkuuden edistämiseksi tullaan laatimaan tavoitteiden varmistamiseksi. Esimerkiksi energiatehokkuusdirektiivin 2012/27/EU edellyttämä kansallinen lainsäädäntö tulee

saattaa voimaan viimeistään kesäkuussa 2014, mikä tarkoittaa parhaillaan valmisteilla olevaa energiatehokkuuslakia (liite 1, s.26–27).

Erittäin keskeinen tekijä energiatehokkuuden edistämisessä, ovat tuotteiden valmistusta koskevat ohjaustoimet. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa tehtävät tuotevalinnat tulevat olemaan jatkossa lähtökohtaisesti energiatehokkaita, mikä helpottaa merkittävästi esimerkiksi suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa tehtäviä ratkaisuja. Voidaan todeta, että uudet lait ja asetukset EU-tavoitteiden varmistamiseksi, tulevat käytännössä näkymään uusina sekä jatkuvasti muuttuvina määräyksinä ja ohjeina. Energiatehokkuuteen liittyviä uusia standardeja ja ohjeita tullaan myös kehittämään jatkuvasti sekä vanhoja uudistamaan vaatimusten mukaisiksi.

Tästä luvusta muodostui hyvin laaja kokonaisuus oppaaseen, joka osaltaan antaa myös hyvän kuvan siitä, että rakentamisen energiatehokkuuden edistäminen Suomessa on laajaa ja aktiivista sekä EU:n ohjaustoimet niiden taustalla ovat hyvin voimakkaita.

3 ENERGIA TEHOKKUUS RAKENTAMISESSA

Oppaassa tämän luvun tarkoituksena on syventyminen energiatehokkuuteen rakentamisessa, jotta voidaan hahmottaa ja tiedostaa kokonaisuuden merkitys talotekniikan energiatehokkuuden muodostumisessa. Tarkoituksena on selvittää, mitä energiatehokkuus rakentamisessa ja asuinrakennuksissa tarkoittaa sekä mitä energiatehokkuuteen pyrittäessä on huomioitava. Tarkoituksena on myös selvittää mihin sähköenergiaa kuluu asuinrakennuksissa ja mitkä ovat suurimmat kulutuskohteet.

Tämän luvun keskeisin tavoite oppaassa on rakentamisen energiatehokkuudelle ominaisten tekijöiden selvittäminen ja esittäminen oppaassa niin, että energiatehokkuuteen pyrittäessä tiedostetaan ja huomioidaan suunnitteluvaiheen, kokonaisuuden hallinnan ja laadullisten tekijöiden merkitys ennen kustannustehokkuutta ja energiansäästöä. Tavoitteena on lisäksi selvittää ja esittää asuinrakennusten sähköenergian kulutus niin, että voidaan hahmottaa keskeisimmät sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuudet.

Tämän luvun tutkimukset aloitettiin rakentamiseen ja suunnitteluun liittyvistä yleisistä ja ajankohtaisista tekijöistä, joiden tarkoituksena oli selvittää energiatehokkaan rakentamisen perusteet, energiatehokkaan rakennuksen ominaisuudet sekä tämän hetkisen rakentamisen tyyli. Tämän jälkeen tutkimuksissa syvennyttiin rakentamisen energiatehokkuuteen ja talotekniikan energiatehokkuuteen liittyviin tekijöihin, esimerkiksi sisäolosuhteisiin ja niiden hallintaan sekä energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksiin ja E-luvun laskentamenetelmiin. Näiden lisäksi tutkittiin asuinrakennusten energian kulutuksen muodostumista ja sähköenergiankulutusta. Tämä luvun selvitykset käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 34–55 (liite 1).

3.1 Energiatehokas rakentaminen

Oppaan tässä luvussa käsitellään energiatehokasta rakentamista ja sille ominaisia tekijöitä, joiden merkitys osoittautui alustavien tutkimuksien jälkeen erittäin oleelliseksi ja tarpeelliseksi selvittää oppaan sisällön kannalta.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää energiatehokkaan rakentamisen osatekijät, kuten lähtökohdat ja perusteet, energiatehokkaan rakennuksen yleiset määritelmät ja

kuvaukset sekä suunnitteluvaiheen ja kokonaisuuden hallinnan merkitys energiatehokkaan lopputuloksen saavuttamisessa.

Tutkimukset kohdistuivat rakentamiseen ja suunnitteluun liittyviin tekijöihin, joita tutkittiin niin rakentamisen kuin talotekniikan ja sähkönkäytön näkökulmasta. Tutkimuksissa käytettiin useita eri lähteitä, jotka on koottu kokonaisuudessaan oppaan lähdeluetteloon. Tutkimuksien perusteella oppaassa perehdytään energiatehokkaan rakentamisen perusteisiin, kokonaisuuden hallintaan sekä matala- ja nollaenergiarakentamiseen. Selvitykset energiatehokkaasta rakentamisesta ja sen osatekijöistä käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 34–37 (liite 1).

Oppaassa esitetään (liite 1, s.34), että energiatehokkaan rakentamisen perustana voidaan pitää rakennuksen ja sen järjestelmien lämpöhäviöiden minimointia. Keskeisiä tekijöitä ovat hyvä ulkovaipan lämmöneristys ja tiiveys, ikkunoiden auringonsuojausratkaisut sekä tehokas ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. Tämän jälkeen keskeisiä tekijöitä ovat rakennuksen sähkönkäytön tehostaminen ja ilmaisen energioiden hyödyntäminen sekä rakennuksen energiankulutuksen ohjaaminen ja seuraaminen.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.35), että suunnittelu on erittäin keskeisessä asemassa rakennuksen energiatehokkuuden muodostumisessa, sillä suunnittelun aikana tehtävät päätökset muodostavat noin 90 prosenttia rakentamisen aikaisista kustannuksista ja noin 80 prosenttia rakennuksen elinkaarenaikaisista kustannuksista. Suunnitteluvaiheessa korostuu kokonaisuuden hallinta, jossa tärkeässä asemassa on rakenteellisten ja taloteknisten ratkaisuiden yhteensovittaminen. Rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen muodostuu mahdollisimman yksinkertaisilla, toimintavarmilla ja yhteensopivilla ratkaisuilla ja järjestelmillä.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.35), että yhtenä osana matalaenergiarakentamista ja rakennuskannan energiatehokkuuden parantamista on tärkeää, että energiaa käyttävien laitteiden ja järjestelmien automaatio, ohjaus ja valvonta suoritetaan tavalla, joka johtaa terveelliseen ja miellyttävään sisäilmaston laatuun optimaalisella energiankulutuksella. Selvityksen perusteella rakennusautomaatio on erittäin keskeisessä asemassa rakennusten energiatehokkaassa hallinnassa.

Oppaasta myös selviää (liite 1, s.36), että tällä hetkellä rakennetaan pääsääntöisesti matalaenergia- ja passiivitaloja, joissa nimenomaan korostuu rakenteellisten ja taloteknisten ratkaisuiden yhteen sovittamien sekä kokonaisuuden hallinta. Keskeisin tekijä, miksi oppaassa tutkittiin matala- ja nollaenergiarakentamista, liittyy olennaisesti rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU mukaisiin ohjaustoimiin. Kuten oppaan EU-direktiivejä käsittelevässä osiossa esitetään, yksi keskeisimmistä direktiivin linjauksista on se, että kaikkien uudisrakennuksien tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia vuodesta 2021 lähtien.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.37), että matalaenergiarakentamisessa on vielä tällä hetkellä kuitenkin havaittu ongelmia. Yleinen ongelma on ollut lämmöneristysten lisäämisen myötä lisääntyneet rakenteiden kosteustekniset vauriot. Tutkimuksien perusteella, matalaenergiarakentamisessa on sisäilman ongelmien syyksi usein paljastunut ilmanvaihtoon liittyvät häiriöt. Tämä kertoo oppaan laatijan mielestä siitä, että rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen on ollut puutteellista kyseisissä tapauksissa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakentamisessa ei välttämättä tiedosteta kokonaisuuden hallinnan merkitystä, mikä vaikuttaa paitsi energiatehokkuuteen myös laadullisiin tekijöihin.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että suunnitteluvaiheessa tehtävillä ratkaisuilla ja kokonaisuuden hallinnalla on erittäin merkittävä asema rakennuksen energiatehokkuuden muodostumisessa sekä laadullisten tekijöiden varmistamisessa. Voidaan myös todeta, että rakennusautomaatio on tämän yksi keskeisin mahdollistaja. EU:n ohjaustoimien myötä siirryttäessä lähes nollaenergiarakentamiseen, tulee erityisesti panostaa näihin tekijöihin entistä enemmän.

3.2 Sisäolosuhteet ja niiden hallinta

Oppaan tässä luvussa käsitellään rakennuksen sisäolosuhteita ja niiden hallintaa. Sisäolosuhteet ja niiden hallintaan liittyvät tekijät koettiin tarpeelliseksi selvittää, koska energiatehokkuuden yhteydessä lähtökohtaisesti aina korostetaan laatutekijöiden huomioimista ennen energiansäästöä.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää sisäolosuhteiden ja niiden hallinnan merkitystä energiatehokkaassa rakentamisessa sekä talotekniikan energiatehokkuudessa. Tarkoituksena on myös selvittää niiden merkitystä energiatehokkaita ratkaisuja tavoiteltaessa sekä niiden yhteyttä oppaan muuhun sisältöön.

Tutkimukset kohdistuivat yleisiin määritelmiin ja kuvauksiin sekä vähimmäisvaatimuksiin ja ohjeisiin. Tutkimukset perustuivat pääosin rakentamismääräyskokoelman mukaisiin määräyksiin ja ohjeisiin sekä sisäilmastoluokitusta koskeviin ohjeistuksiin. Selvitykset sisäolosuhteista ja niiden hallinnasta käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 37–38 (liite 1).

Kuten oppaassa esitetään (liite 1, s.37), oikein suunnitellun ja toteutetun rakennuksen sisäolosuhteet tekevät rakennuksen käytöstä terveellisen, turvallisen, viihtyisän ja energiatehokkaan. Rakennuksen energiankäytön tehostaminen muodostuu kokonaisuuden hallinnasta niin, että sisäolosuhteet pysyvät laadukkaina ja vaatimusten mukaisina. Myös vaatimukseksi on asetettu, että rakennus tulee suunnitella ja rakentaa kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa olosuhteissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että sisäolosuhteet ja niiden hallinnan huomioiminen energiatehokkuutta tavoiteltaessa, ovat erittäin keskeisessä asemassa suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa sekä tärkeä osatekijä kokonaisuuden hallinnassa. Tämän lisäksi energiatehokkaaseen lopputulokseen pyrittäessä on tärkeää huomioida, ettei rakennuksen sisäilmasto-olosuhteisiin vaikuteta heikentävästi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lähtökohtana tulee aina olla laatu ennen kustannustehokkuutta tai energiansäästöä.

3.3 Energiatehokkuuden varmistaminen

Oppaan tässä luvussa käsitellään asuinrakennusten energiatehokkuuden varmistamista, jotta voidaan energiatehokkuuteen pyrittäessä tiedostaa, miten rakennusten energiatehokkuutta ohjataan sekä mitkä ovat siihen liittyvät keskeisimmät määräykset ja ohjeet.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää asuinrakennuksien sähkönkäyttöön liittyvät energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset ja ohjeet. Tarkoituksena on myös sel-

vittää sähkönkäytön osuutta ja merkitystä taloteknisissä osajärjestelmissä sekä selvittää sähkönkäyttöön liittyvät keskeisimmät E-lukuun liittyvät laskentamenetelmät.

Tutkimukset kohdistuivat asuinrakennusten energiatehokkuudelle asetettuihin vähimmäisvaatimuksiin ja ohjeisiin, joiden keskeisin ilmentymä on Suomen rakentamismääräyskokoelma sekä sen määräykset ja ohjeet. Energiatehokkuuden varmistamista tutkittiin asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamisen näkökulmasta niin, että pyrittiin selvittämään sähkönkäyttöön liittyvät vähimmäisvaatimukset ja ohjeet. Tämän lisäksi tutkittiin talotekninen osajärjestelmä kerrallaan, sähkönkäytön merkitystä ja osuutta järjestelmän kokonaisenergiakulutuksessa.

Esimerkiksi oppaan energialaskennan laskentasäännöissä ja -ohjeissa esitetään järjestelmäkohtaisesti, mistä järjestelmän energiankulutus muodostuu ja mikä on sähkönkäytön osuus kyseisen järjestelmän energiankulutuksesta. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttöön liittyen, oppaassa esitetään tarkemmat laskentamenetelmät ja niiden sisällöt laskentakaavoineen.

Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään energiatehokkuuden varmistamista hyvin laajasti, mutta kuitenkin pääsääntöisesti asuinrakennusten ja sähkönkäytön näkökulmasta. Selvitykset energiatehokkuuden varmistamisesta käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 39–50 (liite 1), joka noudattaa seuraavaa rakennetta:

- Energiatehokkuuden vaatimukset
- Energialaskennan lähtötiedot
- Energialaskennan laskentasäännöt ja -ohjeet
- Määräystenmukaisuuden osoittaminen

Oppaassa esitetään (liite 1, s.39), että sähkönkäytön painoarvo on nykyisessä kokonaisenergiatarkasteluun perustuvissa määräyksissä muita energiamuotoja suurempi. Tutkimukset osoittavat, että selkeimmät sähkönkäyttöön liittyvät määräykset ja ohjeet koskevat ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuutta ja sen ominaissähkötehoa, energiankäytön mittausta sekä valaistusta ja kuluttajalaitteita. Näihin liittyen oppaassa käsitellään vähimmäisvaatimukset (liite 1, s.41–42) sekä energialaskennan vaatimukset ja ohjeet (liite 1, s.43–50).

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.45) esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutusta niin, että se muodostuu puhaltimien moottoreiden lisäksi, mahdollisten LTO-pumppujen ja -moottoreiden sekä taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden sähköenergiankulutuksesta. Selvitykset osoittavat, että sähkönkäytön osuus taloteknisissä osajärjestelmissä, kuten esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmässä, liittyy keskeisimmin järjestelmien apulaitteisiin. Sama pätee lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin. Tämä vaikutti olennaisesti siihen, että oppaassa käsitellään puhallin- ja pumppukäytöt omassa luvussaan.

Oppaassa lisäksi selvitetään (liite 1, s.40), että tilojen yllälämpenemisen estämiseksi käytetään ensisijaisesti yöllä tehostettua ilmanvaihtoa sekä rakenteellisia ja muita passiivisiä keinoja, kuten esimerkiksi aurinkosuojausratkaisuja. Tämä vaikutti merkittävästi siihen, että oppaassa käsitellään aurinkosuojaukset yhtenä energiatehokkaana taloteknisenä ratkaisuna.

Tämän luvun sisältämät selvitykset osoittavat, että rakennusten energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten keskeisin ilmentymä on kokonaisenergiatarkastelu eli kokonaisenergiankulutuksen selvittäminen laskemalla (E-luku). Tähän liittyen sähkönkäytön painoarvo on nykyisin suurin, mutta rakennusten sähkönkäyttöön liittyvät vähimmäisvaatimukset ja ohjeet ovat kuitenkin suppeat verrattuna LVI-tekniisiin vaatimuksiin ja ohjeisiin. Rakennusten energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksiin ja ohjeisiin sekä laskentamenetelmiin, olisi tarvetta tehdä tarkennuksia ja muutoksia erityisesti sähkönkäyttöön liittyen.

3.4 Asuinrakennusten energiankulutus

Oppaan tässä luvussa tarkastellaan asuinrakennusten energiankulutusta ja sen muodostumista, jotta voidaan energiatehokkaita taloteknisiä ratkaisuja tavoiteltaessa hahmottaa, mihin energiaa kuluu ja mitkä ovat potentiaaliset sähkönkäytön tehostamisen kohteet.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää asuinrakennusten kokonaisenergiankulutuksen muodostumista sekä sähkönkäytön osuutta ja jakaantumista kulutusryhmien mukaisesti. Tämän lisäksi pyritään selvittämään sähkönkäytön tehostamiselle potentiaalisia kulutuskohteita ja täten luoda myös johdantoa talotekniisiin ratkaisuihin.

Tutkimukset kohdistuivat tilastokeskuksen kulutustietoihin sekä Motivan raporttiin kotitalouksien sähkönkäytöstä vuonna 2011. Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään asuinrakennusten kokonaisenergiankulutusta ja sähköenergiankulutusta lämmityssähkön ja laitesähkön osalta. Selvitykset asuinrakennusten energiankulutuksesta käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 51–55 (liite 1).

Kuten oppaassa esitetään (liite 1, s. 51), sähkön osuus asuinrakennusten kokonaisenergiankulutuksesta oli vuonna 2012 noin 33 prosenttia. Tästä kokonaissähköenergiankulutuksesta, asuntojen lämmitykseen kului 64 prosenttia ja loput 36 prosenttia kotitalouslaitteisiin, joka jakaantui valaistuksen, ruuanlaiton ja muiden sähkölaitteiden sähkönkäyttöön.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s. 52), että asuinrakennusten suurimman sähkönkulutuksen muodostaa asuntojen lämmitys, joka on erityisesti kerrostaloissa ollut jatkuvassa kasvussa. Kerrostalojen lämmityssähkön kulutus on kasvanut 72 prosenttia vuosina 2006–2011. Tutkimusten perusteella tähän on vaikuttanut huoneistokohtaisen ilmanvaihdon ja sähköisten lattialämmitysten nopea kasvu ja yleistyminen. Erityisesti pesutilojen lattialämmityksen lukumäärä on kasvanut huomattavasti, minkä yleisyys on noussut noin 19 prosentista 26 prosenttiin.

Oppaasta selviää (liite 1, s. 54), että asuinrakennusten laitesähkön kulutus on ollut laskussa. Selvityksien perusteella tähän on vaikuttanut merkittävästi energiatehokkaiden laitteiden saatavuuden lisääntyminen sekä energiatehottomien lamppujen poistaminen markkinoilta. Esimerkiksi valaistuksen sähkönkulutus on miltei puolittunut vuodesta 2006 vuoteen 2011, mikä on pääosin johtunut siitä, että perinteiset hehkulamput poistuivat markkinoilta.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuudet kohdistuvat nyt ja tulevaisuudessa yhä enenevässä määrin lämmityssähkön käyttöön. Tähän liittyen keskeisin tekijä on lämmityksien tarpeenmukaistetut käytöt ja niiden edellyttämät ohjaukset, joita käsitellään oppaan taloteknisissä ratkaisuissa.

Voidaan todeta, että laitesähkönkulutuksen pienentymisen keskeisin ilmentymä on Eco-design–direktiivin mukaiset ohjaustoimet ja niiden edellyttämät kansallisen tason toimenpiteet. On selvää, että laitesähkönkulutus tulee pienentymään entisestään, sillä Eco-

design–direktiivin mukaisia ohjaustoimia laitteiden energiatehokkuuden edistämiseksi on valmisteilla tälläkin hetkellä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että energiatehottomien laitteiden käyttö vähenee niin kotitalouksissa kuin rakentamisessa ja suunnittelussa. Kuten aiemmin todettiin, ohjaustoimet ovat hyvin voimakkaat ja ne osaltaan varmistavat suunnittelupöydällä tapahtuvien laitevalintojen energiatehokkuuden.

4 TALOTEKNISET RATKAISUT

Oppaassa tämän luvun tarkoituksena on syventyminen talotekniikan energiatehokkaisiin ratkaisuihin sähkönkäytön näkökulmasta tarkasteltuna. Oppaassa perehdytään talotekniisiin osajärjestelmiin ja energiankäytön hallintaan liittyviin ratkaisuihin sekä ilmaisenergioiden hyödyntämisen mahdollisuuksiin. Tarkoituksena on selvittää sähkönkäytön tehostamisen kannalta keskeisimmät energiatehokkaat ratkaisut ja energiansäästöpotentiaalit sekä muut tekijät, jotka tulee huomioida energiatehokkuutta tavoiteltaessa.

Tämän luvun keskeisin tavoite on energiatehokkaiden taloteknisten ratkaisuiden selvittäminen ja esittäminen oppaassa niin, että energiatehokkaisiin ratkaisuihin pyrittäessä tiedostetaan niiden keskeisimmät energiansäästöpotentiaalit ja keskeisin merkitys energiatehokkaassa lopputuloksessa sekä huomioidaan niihin liittyvät laadulliset tekijät ennen energiansäästöä. Energiatehokkaat ratkaisut pyritään esittämään niin, että voidaan oppaan soveltamisalan mukaisesti hahmottaa asuinrakennusten sähkönkäytön tehostamiseen liittyvät keskeisimmät mahdollisuudet.

Tämän luvun tutkimukset aloitettiin selvittämällä alustavasti rakennusautomaation merkitystä rakennuksen energiatehokkuudessa sekä keskeisimpiä rakentamismääräyskoelman osan D3 mukaisia sähkönkäyttöön liittyviä taloteknisiä osajärjestelmiä, joihin liittyen on asetettu myös vähimmäisvaatimuksia. Alustavissa tutkimuksissa selvitettiin myös energiankäytön hallinnan merkitystä rakennuksen energiatehokkuudessa sekä ilmaisenergioiden hyödyntämiseen liittyviä mahdollisuuksia.

Alustavien tutkimuksien perusteella syvennyttiin rakennusautomaatioon sekä talotekniisiin osajärjestelmiin yksi kerrallaan, mihin liittyen tutkittiin järjestelmän merkitystä, rakennetta ja sähkönkäytön osuutta sekä energiasäästöpotentiaaleja ja energiatehokkaita ratkaisuita. Tämän lisäksi syvennyttiin ilmaisenergioiden hyödyntämiseen perustuvaan aurinkosuojaukseen sekä energiankäytön hallintaan, johon liittyen tutkittiin energiankulutuksen seuraamista ja kuormien hallintaa. Tämän lisäksi tutkittiin asuinrakennusten hissikäyttöjen energiatehokkuutta sekä hiljattain julkaistua teknologiaa, joka perustuu ilmaisenergian hyödyntämiseen.

Oppaan tämän luvun lopulliseen rakenteeseen ja sisältöön, vaikuttivat merkittävästi syventävät tutkimukset rakennusautomaation vaikutukseen rakennusten energiatehokkuu-

nessa. Tämä luvun selvitykset käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 56–137 (liite 1).

4.1 Rakennusautomaatio

Oppaan tässä luvussa käsitellään rakennusautomaatiota, jonka merkitys ja vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen osoittautuivat pintapuolisten tutkimuksien jälkeen erittäin merkittäväksi, sekä myös perustelluksi johdannoksi taloteknisiin ratkaisuihin.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää rakennusautomaatiolla saavutettavia hyötyjä ja energiansäästöpotentiaaleja sekä rakennusautomaation vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. Lisäksi pyritään selventämään rakennusautomaatiojärjestelmän roolia rakennuksen taloteknisten osajärjestelmien energiatehokkaassa toiminnassa ja sen ylläpitämisessä.

Tutkimukset kohdistuivat useisiin lähteisiin, joiden avulla selvitettiin rakennusautomaation hyötyjä ja energiansäästöpotentiaaleja sekä yleisiä määritelmiä ja kuvauksia. Eritään keskeiseen asemaan tutkimuksessa nousi selvitys rakennusautomaation vaikutuksesta rakennuksen energiatehokkuuteen sekä rakennuksen automaation tehokkuusluokat, jotka myös muodostivat lähtökohdan esimerkiksi taloteknisiin ratkaisuihin ja niiden tarpeenmukaistetuille käytöille.

Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään rakennusautomaatiota pääosin energiatehokkuuden näkökulmasta, mutta samalla myös käsitellään muita olennaisia rakennusautomaatiolla saavutettavia hyötyjä. Tutkimukset rakennusautomaatiosta käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 56–67 (liite 1), joka noudattaa seuraavaa rakennetta:

- Vaikutus energiatehokkuuteen
- Taloteknisten osajärjestelmien optimointi
- Lämpökuormien hallinta
- Rakennusautomaatiojärjestelmät

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.56), että automaatiojärjestelmällä hallitaan seuraavan 10 vuoden aikana noin 70 prosenttia kiinteistön energiakustannuksista, mikä käytännössä

tarkoittaa sitä, että sillä saavutettavat hyödyt kohdistuvat olennaisesti kiinteistön ylläpidon suurimpaan vuotuisen menoeraan eli energiankulutukseen. Oppaassa selvitetään, että rakennuksen hyvä energiatehokkuus syntyy rakennusautomaatiolla valvottavista ja ohjattavista taloteknisistä kokonaisuuksista sekä niiden tarpeenmukaisesta käytöstä.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.57), että rakennusautomaatiolla tavoitellaan ja ylläpidetään laadullisesti parempia sisäolosuhteita, kustannustehokkuutta sekä käyttäjäystävällisyyttä. Rakennusautomaation todelliset hyödyt eivät kuitenkaan synny suoraan järjestelmätai laiteinvestoinneista vaan ratkaisuksista, joilla rakennusta pystytään hallinnoimaan paremmin sekä saamaan parempaa ajan tasalla olevaa informaatiota.

Selvityksien perusteella (liite 1, s.57) rakennuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi optimoimalla taloteknisten osajärjestelmien toiminta tarpeenmukaistetuilla käytöillä, valvomalla taloteknisiä toimintoja hälytyksin ja mittauksin sekä keräämällä ja tuottamalla reaaliaikaista informaatiota rakennuksen toiminnasta.

Oppaassa selvennetään (liite 1, s.61), että talotekniikan optimoinnilla tarkoitetaan taloteknisten osajärjestelmien tarpeenmukaistettuja käyttöjä ja niiden edellyttämiä ohjausratkaisuja. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että talotekniikan osajärjestelmiä ohjataan ja säädetään läsnäolon, valontarpeen ja/tai ilmanlaadun perusteella tilakohtaisesti ja käyttötarpeiden mukaan.

Talotekniikan osajärjestelmien optimoinnilla saavutettavia energiasäästöpotentiaaleja kuvaillaan oppaan sivulla 61, joiden perusteella voidaan todeta, että rakennusautomaatiolla voidaan saavuttaa hyvinkin merkittäviä energiansäästöpotentiaaleja. Selvityksien perusteella taloteknisten osajärjestelmien optimointi on merkittävin yksittäinen tekijä, jolla varmistetaan rakennuksen hyvä energiatehokkuus ja energiatehokas ylläpito.

Selvityksien perusteella voidaan todeta, että erittäin keskeisessä asemassa rakennuksen energiatehokkuuden varmistamisessa, ovat rakennuksen automaation tehokkuusluokat. Oppaan tekijä on sitä mieltä, että oppaassa esitettävät (liite 1, s.57–60) automaation tehokkuusluokat tulisi ehdottomasti tiedostaa ja huomioida rakennuksen taloteknisiä osajärjestelmiä ja niiden toimintoja suunniteltaessa. Oppaan tekijä näkee automaation tehokkuusluokat erittäin hyvänä työkaluna suunnittelussa, jolla myös varmistetaan rakennuksen energiatehokas lopputulos.

Selvitykset lisäksi osoittavat (liite 1, s.63), että rakennusautomaatiolla on merkittävä rooli myös rakennuksen lämpökuormien hallinnan kannalta. Lämpökuormien hallinnan merkitys korostuu erityisesti matalaenergiarakentamisessa ja merkitys kasvaa entisestään siirryttäessä lähes nollaenergiarakentamiseen. Lämpökuormien hallinnalla on suora vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen, jonka perustana aiempien tutkimuksien mukaan pidetään lämpöhäviöiden minimoimista. Tutkimuksista selviää, että rakennusautomaatiolla voidaan vaikuttaa rakennuksen lämpökuormien minimointiin esimerkiksi valaistusta ohjaamalla tai energiankäytön huippukuormia hallinnoimalla (liite 1, s.63).

Tutkimukset osoittavat, että rakennusautomaatiolla saavutettavat hyödyt rakennuksen energiatehokkuuden muodostumisessa ovat merkittävät ja monitahoiset. Rakennusautomaatio liittyy käytännössä tämän oppaan jokaiseen talotekniseen osajärjestelmään ja niiden käytön aikaisen energiatehokkuuden varmistamiseen.

Tämän luvun selvityksien perusteella voidaan todeta, että rakennusautomaatio on osa suurempaa kokonaisuutta talotekniikassa, jonka tarkoituksena on tuottaa kaikki tarvittavat hyödykkeet ja palvelut mahdollisimman energiatehokkaasti sekä ympäristöä säästämällä kiinteistön koko elinkaaren ajan. Rakennusautomaatio on toisin sanoen nykyaikaisen ja energiatehokkaan rakennuksen keskeisin mahdollistaja. Energiatehokkuutta tavoiteltaessa, tulisi rakennusautomaatio huomioida paremmin siihen nähden, miten nykyisin toimitaan asuinrakennusten suunnittelussa. Rakennusautomaation merkitys korostuu myös jatkuvasti kiristyvien energiatehokkuustavoitteiden saavuttamisessa.

Opinnäytetyön tekijä ohjaa lukijan ehdottomasti perehtymään oppaan rakennusautomaatiota käsittelevään lukuun sekä rakennusautomaation vaikutukseen rakennuksen energiatehokkuuden muodostumisessa. Tämä opinnäytetyöraportointi ei mahdollista rakennusautomaatiota koskevan luvun käsittelyä siinä laajuudessaan kuin työntekijä haluaisi.

4.2 Ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys

Oppaan tässä luvussa käsitellään asuinrakennusten ilmanvaihtoa, lämmitystä ja jäähdytystä sekä niiden energiatehokkaita ratkaisuja sähkönkäytön näkökulmasta.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää LVI-osajärjestelmien merkitystä asuinrakennuksessa sekä niiden keskeisimpiä energiasäästöpotentiaaleja. Tämän lisäksi selvennetään osajärjestelmien sähkönkäyttöä perehtymällä niiden rakenteisiin ja toimintaperiaatteisiin, jotta voitaisiin tiedostaa sähkönkäytön tehostamisen keskeisimmät potentiaalit.

Tutkimukset kohdistuivat useisiin eri lähteisiin, joita tutkittiin lähtökohtaisesti sähkönkäytön tehostamisen ja energiatehokkuuden näkökulmasta. Tutkimuksissa ei syvennytty LVI- ja säätötekniikkaan, mutta niiden merkitys on rakennusautomaation ohella keskeisin tämän luvun osajärjestelmien energiatehokkaassa toiminnassa. Tutkimuksissa keskityttiin siihen, mitkä asiat osajärjestelmien energiatehokkuuteen vaikuttaa ja mihin tulisi kiinnittää huomiota niiden valinnassa sekä mikä on sähkönkäytön merkitys kyseisessä järjestelmässä. Tutkimuksien perusteella oppaassa ei esimerkiksi oteta kantaa siihen, mikä on paras tai energiatehokkain tapa toteuttaa rakennuksen lämmitys tai mikä on paras jäähdytysjärjestelmä.

Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen merkitystä asuinrakennuksissa sekä niihin liittyvän sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuudet ja keskeisimmät energiasäästöpotentiaalit. Tämän lisäksi käsitellään lyhyesti asuinrakennuksissa käytettäviä ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä sekä niiden rakennetta ja merkitystä energiatehokkaassa lopputuloksessa. Sähkönkäyttöön liittyen käsitellään lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoa sekä lyhyesti sähkönkäyttöä lämmityksessä ja siihen liittyviä energiatehokkuuden tekijöitä. Selvitykset käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 67–83 (liite 1), joka noudattaa seuraavaa rakennetta:

- Ilmanvaihto
- Lämmitys
- Sähkönkäyttö lämmityksessä
- Jäähdytys
- Tarpeenmukainen käyttö

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.70), että lämmöntalteenotolla voidaan tehostaa asuinrakennusten sähkönkäyttöä 12–16 prosenttia verrattuna rakennukseen ilman lämmöntalteenottoa. Ilmanvaihtoa koskevien selvityksien perusteella voidaan todeta, että sen kes-

keisimmät sähkönkäyttöön liittyvät energiatehokkaat ratkaisut perustuvat lämmöntalteenoton (LTO) hyödyntämiseen ja ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luvun hyödyntämiseen järjestelmän energiatehokkuuden varmistamisessa.

Oppaassa tuodaan esille (liite 1, s.73), että varsinkin pientalojen lämmitysjärjestelmiä on käytännössä mahdotonta laittaa paremmuusjärjestykseen. Lämmitystä koskevista selvityksistä selviää, että sen energiatehokkuuteen vaikuttaa monta tekijää, kuten esimerkiksi rakenteet, lämmitysjärjestelmän valinta, energiatehokkaat laitteet ja tarpeenmukaistettu käyttö sekä kunnossapito. Selvityksien perusteella merkittävin tekijä lämmityksen energiatehokkuudessa ovat rakennuksen rakenteelliset ratkaisut, joiden mukaan määrittyy rakennuksen lämmitysenergiantarve.

Oppaassa kuitenkin esitetään (liite 1, s.74), että lämpöpumpulla voidaan tehostaa lämmityssähköä 27–47 prosenttia, kun vertailussa on käytetty suoraa sähkölämmitystä. Ilmalämpöpumpulla on puolestaan 8–26 prosentin potentiaalit sähkönkäytön tehostamisessa, kun sitä käytetään sähkölämmityksen tukena. Selvityksien perusteella lämpöpumpuilla ja ilmalämpöpumpuilla voidaan pientalojen sähkönkäyttöä ainakin teoriassa tehostaa.

Selvitykset osoittavat, että vaikka lämmitysjärjestelmiä ei voida laittaa energiatehokkuudeltaan paremmuusjärjestykseen, voidaan niitä vertailla erinäisten tutkimuksien perusteella. Rakennuksen todellinen energiatehokkuus saadaan selville kuitenkin vasta käytönaikaista kulutusta mittaamalla ja seuraamalla.

Oppaassa esitettävät (liite 1, s.77) passiivisten keinojen vaikutukset rakennuksen jäähdytystarpeeseen, ovat hyvinkin merkittävät ja osaltaan vahvistavat niiden merkitystä rakennuksen hyvän energiatehokkuuden muodostumisessa. Jäähdytystä koskevien selvityksien perusteella voidaan todeta, että rakennusten jäähdytyksessä ensisijaisena toteutustapana tulisi miettiä aurinkosuojausratkaisuita.

Tämän luvun selvityksien perusteella keskeisimmät taloteknisten LVI-osajärjestelmien sähkönkäyttöön liittyvät energiatehokkaat ratkaisut kohdistuvat järjestelmien apulaitteisiin sekä tarpeenmukaistettuihin käyttöihin. Apulaitteisiin luokitellaan esimerkiksi puhaltimet, moottorit ja pumput sekä mahdolliset taajuusmuuttajat.

Oppaan tarpeenmukaisia käyttöjä käsittelevässä luvussa (liite 1, s.78–83), lähtökohtana käytettiin rakennuksen automaation tehokkuusluokkien mukaisia ohjausratkaisuita. Oppaan tarpeenmukaistetut käytöt esitetään automaation tehokkuusluokkien mukaan niin, että osajärjestelmien ohjausratkaisuna esitetään sellaisia ratkaisuita, jotka parantavat rakennuksen energiatehokkuutta. Tämän vertailuna käytetään tavanomaista ohjausratkaisua, jolla ei ole todellista vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen.

Esimerkiksi lämmityksen tarpeenmukaistettua käyttöä on havainnollistettu oppaassa kahdella esimerkillä (liite 1, s.81–82), jotka perustuvat aikaohjaukseen. Esimerkkien perusteella voidaan todeta, että tarpeenmukaistetuilla käytöillä ja niiden edellyttämällä ohjausratkaisuilla voidaan saavuttaa merkittäviäkin energiansäästöpotentiaaleja. Kyseisissä esimerkeissä kylpyhuoneen aikaohjatulla lämmityksellä voidaan saavuttaa jopa 31 prosentin energiansäästöä ja yleisen tilan vastaavalla ohjausratkaisulla noin 12 prosentin energiansäästöä.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että tarpeenmukaistetut käytöt ovat erittäin keskeisessä asemassa taloteknisten osajärjestelmien sähkönkäytön tehostamisessa. Tarpeenmukaistetut käytöt tulisi ehdottomasti tiedostaa ja huomioida suunnitteluvaiheessa, johon liittyen on ehdottoman tärkeää huomioida kokonaisuuden hallinnan ja rakennusautomaation merkitys energiatehokkaan lopputuloksen varmistamisessa.

4.3 Puhallin- ja pumppukäytöt

Oppaan tässä luvussa käsitellään ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien puhallin- ja pumppukäyttöjä. Oppaan aiempien selvityksien perusteella osoittautui, että LVI-tekniikan osajärjestelmien keskeisimmät sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuudet, liittyvät tarpeenmukaistettujen käyttöjen lisäksi järjestelmien apulaitteisiin.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää keskeisimmät osatekijät, jotka vaikuttavat puhallin- ja pumppukäyttöjen energiatehokkuuteen sekä niiden keskeisimmät energiansäästöpotentiaalit. Tarkoituksena on myös selvittää niiden elinkaarenaikaisen energiankulutuksen muodostumista, jotta voitaisiin tiedostaa keskeisimmät sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuudet.

Tutkimukset kohdistuivat useisiin eri lähteisiin, joita tutkittiin sähkönkäytön ja energiatehokkuuden näkökulmasta. Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään sähkömoottorijärjestelmää ja sen energiatehokkuutta, sähkömoottoreiden energiatehokkuutta sekä tarpeenmukaistettuja käyttäjiä. Selvitykset puhallin- ja pumppukäyttöjen energiatehokkuudesta käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 84–90 (liite 1).

Oppaasta selviää (liite 1, s.84), että puhallin- ja pumppukäyttöjen elinkaarenaikaiset kustannukset muodostuvat pääosin niiden käytönaikaisesta energiankulutuksesta. Voidaan siis todeta, että puhallin- ja pumppukäyttöjen energiatehokkuus muodostuu niiden käytönaikaisen energiankulutuksen pienentämisestä, jossa keskeisiä tekijöitä ovat tarpeenmukaistetut käytöt ja energiatehokkaat moottorit. Tämän lisäksi on tärkeää huomioida mitoitus, mutta oppaassa ei syvennyä mitoituksen perusteisiin. Mitoituksen ja ylimitoituksen merkitystä kuitenkin havainnollistetaan oppaassa (liite 1, s.86) hyötysuhteen käyttäytymisellä.

Oppaasta selviää (liite 1, s.87), että Ecodesign–direktiivi varmistaa energiatehokkaiden moottoreiden valmistamisen, minkä keskeisin ilmentymä on hyötysuhdeluokitukset. Hyötysuhdeluokitukset varmistavat sen, että käytössä on nykyisin vain korkean hyötysuhteen omaavia moottoreita ja energiatehokkaana moottorina voidaan pitää nimenomaan hyötysuhteeltaan korkeaa moottoria. Moottorin korkea hyötysuhde pienentää merkittävästi käytönaikaista energiankulutusta sekä myös pidentää moottorin elinkaarta ja vähentää huollon tarvetta, mitkä kaikki vaikuttavat olennaisesti elinkaarenaikaisiin kustannuksiin. Voidaan siis todeta, että moottoreiden energiatehokkuuden varmistamisen jälkeen, käytönaikaisen energiankulutuksen pienentämisessä ratkaisee tarpeenmukaistetut käytöt.

Oppaasta selviää (liite 1, s.88), että puhallin- ja pumppukäyttöjen tarpeenmukaisten käyttöjen edellytyksenä ovat säädetyt sähkömoottorikäytöt, joiden merkitys korostuu käytönaikaisen energiankulutuksen pienentämisessä. Säädettynä sähkömoottorikäyttöinä oppaassa käsitellään (liite 1, s.89–90) taajuusmuuttajaa ja EC–moottoria sekä vertaillaan niiden keskeisiä ominaisuuksia ja energiansäästöpotentiaaleja. Oppaassa esitetään, että taajuusmuuttajalla yhdessä korkean hyötysuhteen moottorin kanssa, voidaan saavuttaa puhallinkäytössä jopa 30–50 prosentin energiansäästö. EC–moottorilla voidaan saavuttaa vielä suuremmat energiansäästöt kuin taajuusmuuttajalla, erityisesti alle 5 kilowatin teholuokassa.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että puhallin- ja pumppukäyttöjen energiatehokkuus varmistetaan vaikuttamalla käytönaikaiseen energiankulutukseen. Tähän voidaan vaikuttaa merkittävimmin korkean hyötysuhteen omaavilla moottoreilla ja tarpeenmukaisesti tuetuilla käytöillä, jossa tulee huomioida taajuusmuuttajat ja EC-moottorit. Säädettyä sähkömoottorikäyttöä tulisi aina harkita tilanteesta riippuen, mutta tulee kuitenkin myös huomioida, että säädetty moottorikäyttö ei ole aina edellytyksenä toimivaan ja energiatehokkaaseen lopputulokseen. Joissakin tapauksissa myös yksinkertainen ohjaustekniikka on tehokas ratkaisu.

4.4 Valaistus

Oppaan tässä luvussa käsitellään asuinrakennusten energiatehokasta valaistusratkaisua ja sille ominaisia tekijöitä. Valaistus on sähkösuunnittelijan yksi keskeisimmistä osaluista asuinrakentamisessa ja se on pitkään ollut myös yksi suurimmista laitesähkön kulutusryhmistä asumisessa. Tosin oppaan aiempien selvityksien perusteella, valaistuksen osuus asumisen sähkönkulutuksessa on nykyisin puolet siitä, mitä se on ollut vuonna 2006. Valaistuksen sähkönkulutuksen puolittumiseen on vaikuttanut lähtökohtaisesti hehkulamppujen poistuminen markkinoilta Ecodesign-direktiivin ohjaustoimien myötä.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää, mistä valaistuksen energiatehokas ratkaisu muodostuu ja mitä siihen liittyen tulee huomioida. Tarkoituksena on lisäksi selvittää valaisimien, liitäntälaitteiden ja valonlähteiden energiatehokkuudelle ominaisia tekijöitä sekä valaistusratkaisun keskeisimpiä energiansäästöpotentiaaleja. Oppaassa pyritään myös esittämään päivänvalon hyödyt ja merkitys valaistuksessa.

Tutkimukset kohdistuivat useisiin eri lähteisiin, joita tutkittiin suunnittelun, vähimmäisvaatimusten ja ohjeiden, laatutekijöiden, laitteiden ja energiatehokkuuden näkökulmista. Asuinrakennusten valaistukselle ei ole kuitenkaan asetettu laadullisia vaatimuksia, joten tämän luvun tutkimuksissa sovellettiin useita lähteitä sekä julkisten tilojen valaistusvaatimuksia. Tämän luvun tutkimuksien lähtökohdaksi asetettiin se, että valaistukseen liittyvissä energiatehokkaissa ratkaisuissa ei saa tinkiä valaistuksen laadusta.

Tutkimuksien perusteella oppaassa syvennyttään ja käsitellään koko valaistusratkaisu, johon liittyen laatu- ja energiatehokkuustekijät pyritään käsittelemään niin, että voidaan

tiedostaa niiden yhteyden merkitys energiatehokkuuteen pyrittäessä. Selvitykset energiatehokkaasta valaistusratkaisusta ja sen osatekijöistä käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 91–117 (liite 1), joka noudattaa seuraavaa rakennetta:

- Valaistuksen energiatehokkuuden osatekijät
- Tilan käyttötarkoitus ja valaistuksen laatutekijät
- Tilan ominaisuudet
- Päivänvalon hyödyntäminen (luonnonvalo)
- Valaisinsijoittelu ja valaistustavat
- Valaisimet ja liitälaitteet
- Valonlähteet
- Elinkaarikustannukset
- Tarpeenmukainen käyttö

Oppaassa esitetään (liite 1, s.91–92), että energiatehokas valaistusratkaisu ei ole yksiselitteinen asia, jossa yksittäisillä komponenteilla saavutetaan energiatehokas lopputulos. Selvitykset osoittavat, että energiatehokas valaistusratkaisu on moniselitteinen prosessi, jossa korostuu kokonaisuuden hallinta. Tässä opinnäytetyöraportissa ei voida perehtyä valaistusratkaisun energiatehokkuuden osatekijöihin siinä laajuudessa kuin opinnäytetyön tekijä haluaisi. Tästä syystä opinnäytetyön tekijä suosittelee lukijaa perehtymään itsenäisesti oppaan valaistusta käsittelevään lukuun.

Oppaasta selviää (liite 1, s.110), että valaistusratkaisun elinkaarikustannuksista suurin osa on tyypillisesti muodostunut käytönaikaisista kustannuksista, jossa merkittävin kustannuserä on syntynyt energiankäytöstä. Tutkimukset osoittavat, että elinkaarikustannuksista suurin osa muodostuu nykyisin investointikustannuksista, johon on vaikuttanut merkittävästi nykyisen ja kehittyneemmän tekniikan yleistymisen sekä EU-tason ohjaustoimet.

Nykyisin esiintyy vielä hyvin paljon eri valmistajilla valaistusratkaisujen kustannusvertailuja, jotka on lähtökohtaisesti tehty vertaamalla vanhaa tekniikkaa nykyaikaiseen tekniikkaan. Vanha tekniikka, kuten esimerkiksi hehkulamput, halogeenilamput ja perinteiset liitälaitteet ovat kuitenkin poistuneet tai ovat poistumassa markkinoilta. Tästä syystä ei ole merkitsevää vertailla vanhaa ja uutta tekniikkaa keskenään, koska lähtökohtaisesti valaistusratkaisut yhä enenevässä määrin toteutetaan uudella tekniikalla. Ny-

kyisessä valaistusratkaisujen kustannusvertailussa korostuu tarpeenmukaiset käytöt sekä niiden edellyttämät ohjausratkaisut, joihin on yhdistettävissä merkittäviäkin energiansäästöpotentiaaleja.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.111–112), että pelkällä vakiovalonsäädöllä voidaan saavuttaa 25 prosentin käytönaikainen energiansäästö verrattuna perinteiseen ohjausratkaisuun. Vakiovalonsäädöllä ja läsnäolotunnistimella voidaan yhdessä saavuttaa jopa 55 prosentin energiansäästö verrattuna perinteiseen ohjaukseen. Selvitykset osoittavat, että nykyisin tulisi lähtökohtaisesti keskittää katseet tarpeenmukaistettuihin käyttöihin ja niiden edellyttämiin ohjausratkaisuihin, jossa korostuu valon tarpeen ja tilan käyttötarkoituksen mukaiset ohjaukset.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.100), että päivänvaloa hyödyntämällä energiansäästöpotentiaalit perustuvat siihen, että sillä voidaan tuottaa tilan tai huoneiston valaistus kokonaan tai osittain. Liittämällä valaistusratkaisu rakennusautomaatiojärjestelmään ja hyödyntämällä päivänvaloa, voidaan saavuttaa jopa 25–58 prosentin energiansäästöt. Energiansäästöpotentiaalit nousevat peräti 39–89 prosenttiin, kun kyseiseen ratkaisuun lisätään vielä aurinkosuojaukset.

Oppaassa lisäksi selvitetään (liite 1, s.101), että päivänvaloa pidetään myös ihmisen hyvinvoinnin ja vireystilan kannalta erittäin merkittävänä. Tämän ja energiatehokkuuden lisäksi, päivänvalon hyödyntäminen parantaa näköolosuhteita ja ilmasto-olosuhteita sekä lisää tilojen käyttömukavuutta. Voidaan todeta, että päivänvalon hyödyntäminen tulisi ehdottomasti huomioida suunnittelun jokaisessa vaiheessa, niin arkkitehtipöydällä kuin sähkösuunnittelussa. Päivänvalon hyödyntäminen osana valaistusratkaisua on yksi keskeisimmistä tekijöistä valaistuksen tarpeenmukaistetussa käytössä sekä sen tuomat muut hyödyt ovat merkittäviä.

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.115–117) valaistuksen täysimääräistä ohjausta siten, että se mahdollistaa monipuoliset valaistuksen tarpeenmukaisten käyttöjen edellyttämät säädöt ja ohjaukset sekä integroimisen muihin järjestelmiin. Se mahdollistaa esimerkiksi valaistuksen ja aurinkosuojauksien integroimisen sekä energiankulutuksen seuraamisen, mitkä takaavat päivänvalon tehokkaan hyödyntämisen ja käyttötottumuksiin reagoimisen. Aiemmat selvitykset osoittivat, että rakennuksen todellinen energiatehokkuus selviää vasta energiankulutusta mittaamalla ja seuraamalla, joiden perusteella voidaan rea-

goida käyttötottumuksiin. Aiemmista tutkimuksista myös selviää, että asuinrakennusten valaistuksen energiankulutusta ei kuitenkaan tarvitse mitata tai seurata. Oppaassa kuitenkin mainitaan, että tämäkin tekijä tulisi huomioida energiatehokkaaseen lopputulokseen pyrittäessä.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että laadullisesti hyvä ja energiatehokas valaistusratkaisu muodostuu useista osatekijöistä, joissa valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa koko valaistusratkaisu. Energiatehokasta valaistusratkaisua tavoiteltaessa korostuu kokonaisuuden hallinta niin, että huomioidaan laatu- ja energiatehokkuustekijät samanaikaisesti sekä kiinnitetään erityistä huomiota tarpeenmukaistettuihin käyttöihin ja päivänvalon tehokkaaseen hyödyntämiseen. Myös valaistuksen täysimääräinen ohjaus tulisi huomioida ja rakennusautomaatio sen keskeisenä mahdollistajana.

4.5 SmartLight–teknologia

Oppaan tässä luvussa käsitellään hiljattain julkaistua SmartLight–teknologiaa, joka voidaan luokitella ilmaisenergiaa hyödyntäväksi ratkaisuksi. Teknologian kehitys on vielä kesken, mutta se osoittautui kuitenkin pintapuolisen tutkimuksen jälkeen erittäin mielenkiintoiseksi aiheeksi ja hyväksi näkökulmaksi tulevaisuuden tuomista ilmaisenergioiden hyödyntämisen mahdollisuuksista.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää SmartLight–teknologian toimintaa sekä sen tuomia tulevaisuuden mahdollisuuksia rakennusten sisävalaistuksessa. Tutkimukset aloitettiin aiheeseen liittyvästä suomenkielisestä artikkelista, johon viitattiin Optiplan Oy:stä. Artikkelin epämääräisten suomennoksien johdosta, tutkimukset päätettiin kuitenkin kohdistaa artikkelin alkuperäiseen englanninkieliseen lähteeseen. Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään lyhyesti SmartLight–teknologian toimintaperiaatetta ja teknistä rakennetta. Selvitykset SmartLight–teknologiasta käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 117–119 (liite 1).

Kuten oppaassa esitetään (liite 1, s.117), SmartLight–teknologia mahdollistaa auringonvalon tuomisen sen alkuperäisessä olomuodossaan rakennuksen kaikkiin tiloihin, myös ikkunattomiin tiloihin. Teknologia siis mahdollistaa auringonvalon hyödyntämisen sisä-

tilojen valaistuksessa niin, että auringonvaloa ei muuteta sähköksi vaan se säilytetään, kuljetetaan ja käytetään alkuperäisessä olomuodossaan rakennuksen sisätiloissa.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.117), että teknologia perustuu menetelmään, jossa auringonvaloa johdetaan pienien sähköneste-kennojen kautta rakennuksen sisätiloihin, jossa sitä hyödynnetään esimerkiksi työpisteiden tai tilojen valaistukseen. Menetelmää voidaan hyödyntää myös ikkunallisen tilan viereisen huoneen, kuten esimerkiksi käytävän valaistuksessa.

Selvityksien perusteella voidaan todeta, että teknologia mahdollistaisi auringonvalon hyödyntämisen ilmaisenergiana täysin uudella ja innovatiivisella tavalla sekä myös päivänvalon hyödyntämisen potentiaalit valaistuksessa kasvaisivat merkittävästi. Teknologia toisaalta lisäisi myös haasteita rakentamisessa, mikä voisi käytännössä muuttaa koko rakentamisen tyylin. Esimerkiksi oppaassa sivulla 119 kuvaillaan kanavia pitkin sisätiloihin kuljetettavaa auringonvaloa, mikä voi käytännössä tarkoittaa kattorakenteisiin piilotettavan tekniikan määrän lisääntymistä merkittävästi. Sivulla esitetään myös aurinkoenergian varastointi prosessin loppupäässä, joka todennäköisesti lisäisi rakenteellisia haasteita entisestään.

Todennäköisesti myös arkkitehtonisesti haasteet kasvaisivat entisestään, mikäli auringonvaloa kuljetetaan vapaasti ilmassa kattoon asennettujen ikkunoiden ja niihin asennettujen sähkönestekennojen välityksellä. Lisäksi tilojen pintojen heijastumissuhteiden merkitys korostuisi entisestään, jos auringonvaloa esimerkiksi kohdistetaan tilassa niin, että tarkoituksena on yleisvalaistuksen luominen.

Tulevaisuudessa Smart Light-järjestelmän voisi kuvitella toimivan pääsääntöisesti sisävalaistuksen tukiratkaisuna, jolla voidaan päivänvalon hyödyt ja edut tuoda myös ikkunattomiin sisätiloihin. Erityisesti korjausrakentamisessa ja toimistoissa teknologian potentiaalit voivat olla hyvät. Esimerkiksi ikkunamaisten sähkönestekennojen lisääminen osaksi kevyitä seinärakenteita, voi olla toimistoissa helpommin toteutettavissa.

Tulevaisuus näyttää miten SmartLight-teknologia tulee kehittymään ja mikä tulee olemaan sen todellinen hyöty ja kustannustehokkuus. Hyvin todennäköistä kuitenkin on, että tällaiset uudet teknologiat tulevat kehittymään, entisestään kiristyvien kasvihuonekaasupäästötavoitteiden tukemana.

4.6 Aurinkosuojaus

Oppaan tässä luvussa käsitellään rakennusten aurinkosuojausta, joka luokitellaan ilmaisenenergioiden hyödyntämiseksi. Selvityksien perusteella aurinkosuojaukset luokitellaan passiiviseksi keinoksi rakennuksen jäähdyttämiseen, jota myös rakentamismääräykset velvoittavat käyttämään ensisijaisesti rakennusten yllämpenemisen estämiseksi. Aurinkosuojauksilla voidaan saavuttaa jäähdytystarpeen minimoimisen lisäksi myös muita merkittäviä etuja ja hyötyjä rakennuksissa.

Oppaan tämän luvun tarkoituksena on selvittää aurinkosuojauksen merkitystä ja vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. Lisäksi pyritään selventämään aurinkosuojauksella saavutettavia hyötyjä ja etuja sekä keskeisimmät energiansäästöpotentiaalit, jotta voitaisiin tiedostaa sen merkitys energiatehokkuuden muodostumisessa.

Tutkimukset kohdistuivat useisiin lähteisiin, joita tutkittiin asuinrakennusten, sähkönkäytön tehostamisen, laatutekijöiden ja energiatehokkuuden näkökulmista. Selvitykset aurinkosuojauksesta ja sen vaikutuksesta rakennuksen energiatehokkuuteen käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 119–124 (liite 1), joka noudattaa seuraavaa rakennetta:

- Aurinkosuojauksen hyödyt
- Aurinkosuojausratkaisut
- Tarpeenmukainen käyttö

Oppaassa esitetään (liite 1, s. 119), että rakennuksien energiankulutuksen pienentämiseksi etsitään jatkuvasti uusia keinoja, johon liittyen myös aurinkosuojauksen merkitys tällaisena keinona tulee huomioida.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.120), että ikkunan sekä aurinkosuojan ja sitä hallinnoivan automatiikan muodostaman kokonaisuuden tiedostaminen järjestelmäksi, avaa uusia mahdollisuuksia energiatehokkaaseen suunnitteluun. Tehokkaan ja hyvin toteutetun aurinkosuojauksen katsotaan olevan, passiivisena energiaa kuluttamattomana jäähdytysratkaisuna ja luontaista aurinkoenergiaa hyödyntävänä valaistuksen ja lämmityksen tukiratkaisuna, keskeisessä asemassa niin ympäristön kuin yksilön hyvinvointia ja terveyt-

tä. Aurinkosuojausten katsotaan olevan tärkeä osa kestävästä kehityksestä ja energiatehokasta rakentamista sekä ilmastomuutoksen vastaista taistelua.

Oppaassa lisäksi esitetään (liite 1, s.120), että hyvin suunnitellulla ja oikein toteutetulla nykyaikaisella aurinkosuojaustella, voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä rakennuksen jäähdytyksessä ja valaistuksessa sekä samalla parantaa terveellisuutta ja viihtyisää asumista. Aurinkosuojaustella voidaan säästää tyypillisesti myös muissa rakennuskustannuksissa.

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.120–121) aurinkosuojaustella saavutettavia energiansäästöpotentiaaleja, jotka kohdistuvat rakennuksen jäähdytykseen, valaistukseen ja lämmitykseen. Aurinkosuojausten merkitys korostuu erityisesti koneellisesti jäähdytettävissä rakennuksissa, jossa tehokkaalla aurinkosuojaustella voidaan vähentää jopa 89 prosenttia rakennuksen sisätilojen jäähdytysenergian tarvetta. Aurinkosuojaustella voidaan tehokkaasti hyödyntää myös luonnonvaloa tilojen valaistuksessa, jossa päivänvalon hyödyntäminen voi vähentää jopa 39–89 prosenttia rakennuksen valaistusenergian tarvetta. Tämän lisäksi auringon lämpösäteilyn hyödyntäminen rakennuksen lämmityksessä voi vähentää 9 prosenttia rakennuksen lämmitysenergian tarvetta.

Tutkimuksista selviää, että aurinkosuojausten tuomat hyödyt ja edut kohdistuvat rakennuksen energiatarpeiden pienentämiseen ja sisäilmaston laatuolosuhteiden parantamiseen. Keskeisiä tekijöitä ovat rakennuksen ylälämpenemisen estäminen ja luonnonvalon hyödyntäminen valaistuksen tukiratkaisuna. Erityisen tärkeää on tiedostaa ikkunan sekä aurinkosuojaajan ja sitä hallinnoivan automatiikan kokonaisuus järjestelmäksi. Voidaan siis todeta, että myös aurinkosuojaustissa korostuu rakennusautomaation merkitys energiatehokkuuden varmistamisessa sekä maksimaalisten energiansäästöpotentiaalien mahdollistajana.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että aurinkosuojausten vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen on merkittävä ja siihen yhdistettävät energiansäästöpotentiaalit ovat hyvin korkeat, joiden keskeisin mahdollistaja on rakennusautomaatio. Tämän lisäksi aurinkosuojausten tuomat muut hyödyt, ovat edullisia niin rakennuksen käytön kuin ihmisten hyvinvoinnin kannalta. Aurinkosuojausten vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen sekä sillä saavutettavat hyödyt ja edut, tulisi ehdottomasti huomioida suunnitteluvaiheessa, mikäli tavoitellaan nykyistä ja energiatehokasta asuinrakennusta.

4.7 Hissikäytöt

Oppaan tässä luvussa käsitellään asuinrakennusten hissikäyttöjä, joka koettiin tarpeelliseksi käsitellä oppaassa, koska niihin on yhdistettävissä ilmaisenergian hyödyntämisen mahdollisuus.

Tämän luvun tarkoituksena on selvittää hissien energiatehokkuutta sekä jarrutusenergian hyödyntämistä ilmaisenergiana. Tämän lisäksi selvennetään hissikäyttöjen merkitystä rakennuksen energiatehokkuudessa ja niillä saavutettavia energiansäästöpotentiaaleja. Tutkimukset kohdistuivat KONE Hissit Oy:n tekemiin selvityksiin ja lähdemateriaaleihin sekä tuotteisiin, joita tutkittiin asuinrakennusten, sähkönkäytön tehostamisen ja energiatehokkuuden näkökulmista. Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään hissien energiatehokkuutta ja hissien jarrutusenergian hyödyntämistä ilmaisenergiana. Selvitykset asuinrakennusten hissikäytöistä käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 124–126 (liite 1).

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.124), että hissien käyttämä energia voi olla jopa 2–10 prosenttia rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta ja noin 60 prosenttia hissien elinkaarenaikaisista kustannuksista muodostuu käytönaikaisesta sähkönkulutuksesta. Tämä selvitys osoittaa, että potentiaalit hissien energiatehokkuuden parantamiseksi ja jarrutusenergian hyödyntämiseksi, ovat havaittavissa.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.124), että Suomen rakentamismääräyksissä ei ole kuitenkaan asetettu hissien energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksia, eikä niitä huomioida E-luvun laskennassa. Esimerkiksi Tanskassa hissien energiatehokkuudesta on säädetty rakentamismääräyksiin, jotka koskevat mm. hissien energiatehokkuusluokkien vähimmäisvaatimuksia. Selvitys osoittaa, että kiristyvien energiatehokkuustavoitteiden myötä, myös hissien vähimmäisvaatimukset voivat olla tulevaisuudessa ajankohtainen muutos Suomen rakentamismääräyksissä.

Oppaassa esitetään myös KONE Hissit Oy:n hissien energiatehokkuuden kehittymistä viime vuosina, joihin liittyen ei voida ottaa kantaa, koska todellisia vertailun kohteita ei ollut käytettävissä. Voidaan kuitenkin todeta, että KONE Hissit Oy:n hissien energiatehokkuus on kehittynyt merkittävästi vuosien 2008–2012 aikana.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.126), että KONE on kehittänyt hissien jarrutusenergian talteenottojärjestelmän, joka talteenottaa hissien jarrutusenergian ja muuttaa sen sähköenergiaksi, mikä voidaan edelleen hyödyntää muualla rakennuksessa. Sähköä voidaan hyödyntää esimerkiksi ohjaamalla sitä verkkoon tai johonkin toiseen talotekniseen järjestelmään. Hissikäytöissä jarrutusenergiaa syntyy hissien laskeutumisessa sekä noustessa, jossa energianmäärä on riippuvainen hissien kuormasta. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kun hissi laskeutuu täytenä tai nousee tyhjänä, sillä tuotetaan enemmän energiaa kuin se kuluttaa.

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.126), että hissien jarrutusenergian talteenottojärjestelmällä voidaan hissien energiankulutusta pienentää keskimäärin 20–35 prosenttia, mikä riippuu mm. rakennuksen korkeudesta ja hissien nopeudesta. Tietyissä olosuhteissa järjestelmällä voidaan saavuttaa jopa 50–60 prosentin energiansäästö. Oppaassa esitetään, että tällaisia olosuhteita voivat olla esimerkiksi rakennukset, joissa hissien käyttö on jatkuvaa ja kuormat ovat suuria. Tutkimuksien perusteella voidaan todeta, että hissien jarrutusenergiaa hyödyntämällä voidaan saavuttaa potentiaalisia energiansäästöjä erityisesti rakennuksissa, joissa hissien käyttö on jatkuvaa ja kuormat suuria.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että hissien jarrutusenergiaa hyödyntämällä voidaan vähentää hissien energiankulutusta sekä tehostaa rakennuksen käytönaikaista energiankulutusta. Asuinrakennuksissa saavutettavia todellisia energiansäästöpotentiaaleja ei voida tämän tutkimuksen perusteella todeta. Jarrutusenergian hyödyntäminen tulisi ehdottomasti kuitenkin huomioida yhtenä energiatehokkaana ratkaisuna, erityisesti korkeissa ja suurissa asuinrakennuksissa, joissa hissien käyttö on välttämätöntä sekä suhteellisen jatkuvaa. Nykyisessä rakentamisessa sekä tulevaisuuden lähes nollaenergiarakentamisessa ilmaiseNERgioiden hyödyntäminen on kuitenkin yksi tärkeimmistä osatekijöistä tavoiteltaessa energiatehokkuutta.

4.8 Kotitalouskuormat

Oppaan tässä luvussa käsitellään asuinrakennusten kotitalouskuormia sekä niihin luokiteltavia autolämmityksiä ja sähköautojen latauksia. Kotitalouskuormat koettiin tarpeelliseksi käsitellä oppaassa, koska aiempien selvityksien yhteydessä ilmeni niiden hallinnan merkitys energiatehokkuudessa.

Tämän luvun tarkoituksena on selvittää asuinrakennusten kotitalouskuormien ohjattavuutta sekä autolämmityksiin ja sähköautojen latauksiin liittyvät keskeisimmät energia-
tehokkaat ratkaisut.

Tutkimukset kohdistuivat useisiin lähteisiin, joita tutkittiin asuinrakennusten, rakennusautomaation, sähkönkäytön ja energiatehokkuuden näkökulmista. Tutkimustyön edetessä tutkimukset keskitettiin autolämmityksien ja sähköautojen latauksien hallinnan mahdollisuuksiin asuinrakennuksissa. Tutkimuksissa nousi esiin lähdemateriaali, joka käsittelee kuormien ohjattavuuden hyödyntämistä sähkömarkkinoilla. Tätä kutsutaan kysynnän joustoksi, jolla pyritään käytännössä ohjaamaan esimerkiksi kotitalouskuormia sähköverkon kannalta optimaaliseen vuorokauden aikaan. Kyseinen lähdemateriaali toimi tämän luvun tutkimuksien lähtökohtana. Tutkimuksien perusteella oppaassa käsitellään lyhyesti kotitalouskuormien ohjattavuutta sekä perehdytään asuinrakennusten autolämmityksien ja sähköautojen latauskuormien hallintaan. Selvitykset kotitalouskuormista käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 127–130 (liite 1).

Oppaassa esitetään (liite 1, s.127), että sähkökuormat voidaan jakaa niiden ohjattavuuden perusteella kahteen ryhmään; siirrettäviin ja rajoitettaviin kuormiin. Tämä on määriteltänyt niin, että siirrettävien kuormien käytön ajoitusta voidaan muuttaa ja rajoitettavat kuormat puolestaan kytketään osittain tai kokonaan pois päältä. Esimerkkinä siirrettävästä kuormasta voidaan käyttää pyykinpesukonetta ja rajoitettavasta kuormasta valaistusta.

Oppaassa luokitellaan autolämmitykset rajoitettaviin kuormiin, mutta kuitenkin niin, ettei käyttömukavuus saa kärsiä. Autolämmitystä hallitaan tavanomaisesti ajastimella ja ulkolämpötilaan perustuvalla ohjauksella, joiden keskeisin tarkoitus on tarpeettoman energiankäytön estäminen. Oppaassa käsitellään (liite 1, s.128) tähän liittyen erään valmistajan lämmitystolppia, joilla tämä voidaan toteuttaa sekä esitetään, että autolämmityksien tarpeenmukainen käyttö voidaan toteuttaa myös rakennusautomaatiota hyödyntämällä. Tällöin kuormanohjaus voidaan toteuttaa hallitusti ja keskitetysti, joka on todennäköisesti myös kustannustehokkaampi toteutustapa kuin lämmitystolpat omalla automaatiikalla.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.128), että sähköautojen yleistyessä tulisi kiinteistöjen autolämmityspisteitä suunniteltaessa huomioida nykyisin myös muuntojoustavuus, mikäli

kiinteistöön ei suunnitella sähköautojen latauspisteitä. Tähän liittyen oppaassa käsitellään erään valmistajan autolämmitystolppia, joiden sisäosa elementti voidaan vaihtaa tarvittaessa niin, että ilman kaapelointi muutoksia autolämmityspisteestä saadaan yhdistetty autolämmitys ja sähköauton latausasema.

Oppaassa luokitellaan sähköautojen lataus siirrettäviin kuormiin, joka toisaalta asettaa omat haasteensa käyttömukavuuden ylläpitämiselle. Oppaassa esitetään (liite 1, s.127), että kysynnän joustossa sähköautojen akkujen latauksen ajankohdan ajoittaminen sähkömarkkinoiden ja sähköverkon kannalta optimaaliseen vuorokauden ajankohtaan on tärkeä haaste ohjausteknologian kehitykselle. Selvityksien perusteella tähän ratkaisuna tulevat olemaan sähköverkon älykkäät ratkaisut, joilla järjestelmät saadaan keskustelemaan keskenään ja akkujen lataaminen voidaan täten ohjata eri vuorokauden ajoille.

Sähköautojen latauskuormien ohjaus tietyille vuorokauden ajalle asuinrakennuksissa on kuitenkin haastava tekijä, sillä kuluttajan tarpeet vaihtelevat vuorokauden ajan mukaan. Sähköverkon kannalta tehokkain tapa on ajoittaa sähköautojen lataukset yöaikaan, mutta latausta ei voida kuitenkaan rajoittaa niin, että vain yöaikaan suoritetaan sähköautojen lataus. Esimerkiksi asuinkerrostalossa kuluttajan on voitava päästä liikkumaan muuttuvien tarpeiden mukaisesti, joten auton on voitava olla valmiudessa mihin kellonaikaan tahansa.

Tutkimuksista selviää (liite 1, s.127), että sähköautojen latauksen energiatehokkaassa ratkaisussa voitaisiin käyttämättömänä lataustolpissa olevia sähköautoja hyödyntää sähköverkon energiavarastona ja säätövoiman lähteenä. Käytännössä tällä tarkoitetaan sitä, että sähköautojen energiaa voitaisiin myydä takaisin sähköverkkoon.

Oppaassa lisäksi kuvaillaan (liite 1, s.129–130), että sähköautojen energiatehokkuutta ja kustannustehokkuutta voidaan parantaa dynaamisella kuorman hallintajärjestelmällä, jonka avulla voidaan hallita sähköautojen latausvirran suuruutta ja näin ollen pienentää suunniteltua mitoitusvirtaa. Oppaassa käytetään esimerkkinä erään valmistajan suhteellisen uutta ratkaisua, jota nimitetään älykkääksi paikalliseksi sähköautojen hallintajärjestelmäksi. Järjestelmää käytetään, kun useita sähköautoja halutaan ladata samanaikaisesti ja saman syöttökeskuksen alaisista latauspisteistä (periaatekuva on esitetty oppaan sivulla 130, kuvio 15). Hallintajärjestelmällä perustamiskustannukset ja liittymäkustan-

nukset pysyvät pieninä sekä se on muuntojoustava, mikä mahdollistaa järjestelmän laajentamisen myös tulevaisuudessa.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että kotitalouskuormien energiatehokkaissa ratkaisuissa korostuu niiden ohjattavuus ja tarpeettoman energiankäytön estäminen, jossa keskeisessä asemassa ovat tarpeenmukaistetut käytöt sekä rakennusautomaatio niiden keskeisenä mahdollistajana.

Selvityksien perusteella voidaan todeta, että sähköautojen latauksen hallinta on vielä hyvin pitkälti kehitystyön alaisena, joten siihen liittyvät konkreettiset ratkaisutkin voidaan laskea yhden käden sormilla. Tämä johtuu pääosin siitä, että sähköautojen lataus on vielä kuitenkin suhteellisen uusi osatekijä rakentamisessa. Energiatehokkuutta ja kustannustehokkuutta tavoiteltaessa tulisi kuitenkin kaikki käytössä olevat mahdollisuudet ottaa huomioon, kuten esimerkiksi oppaassa esitetty dynaaminen kuorman ohjaus.

4.9 Energiankäytön hallinta

Oppaan tässä luvussa käsitellään asuinrakennusten energiankäytön hallintaa, joka on erittäin olennainen osatekijä rakennuksen käytönaikaista energiatehokkuutta. Energiankäytön hallinnalla tavoitellaan rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen vähentämistä sekä tarpeettoman energiankäytön estämistä.

Tämän luvun tarkoituksena on selvittää energiankäytön hallinnan merkitystä asuinrakennuksien energiatehokkaassa käytössä ja ylläpitämisessä sekä sen vaikutusta sähkönkäyttöön. Tarkoituksena on tuoda esiin keskeisimmät energiankäytön hallinnan osatekijät ja vaikutusmahdollisuudet asuinrakennuksissa.

Tutkimukset kohdistuivat useisiin eri lähteisiin, joita tutkittiin vaatimusten ja ohjeiden sekä asuinrakennusten käytön ja kunnossapidon, sähkönkäytön, rakennusautomaation ja energiatehokkuuden näkökulmista. Tutkimukset keskittyivät rakennuksen energiankulutuksen seuraamiseen ja siihen liittyviin osatekijöihin, kuten esimerkiksi vaikutusmahdollisuuksiin kuluttajien käyttötottumuksien muuttamisessa. Tähän liittyen esimerkiksi tutkittiin energianäyttöjä ja niiden merkitystä asuinrakennusten sähkönkäytön tehosta-

misessa. Tutkimuksien perusteella oppaassa perehdytään rakennuksen käyttöön ja ylläpitämiseen sekä energiankulutuksen mittaamiseen ja seuraamiseen liittyviä keskeisiä tekijöitä. Selvitykset energiankäytön hallinnasta ja sen osatekijöistä käsitellään kokonaisuudessaan oppaan sivuilla 130–137 (liite 1), joka noudattaa seuraavaa rakennetta:

- Energiatehokkaan käytön opastaminen
- Mittarointi ja seuranta
- Sähkönkäytön seuranta
- Energianäytöt

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.130), että energiankäytön hallinta on erittäin keskeisessä asemassa energiatehokkaan rakennuksen muodostumisessa ja ylläpitämisessä, sillä suurin yksittäinen rakennuksen vuosittainen kuluerä syntyy käytönaikaisesta energiankulutuksesta. Energiankäytön hallinta on keskeisessä asemassa myös ympäristön kuormituksen vähentämisessä, sillä noin 80–90 prosenttia rakennusten tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä syntyy rakennuksen käytönaikaisesta toiminnasta.

Oppaassa kuitenkin myös esitetään (liite 1, s.131), että rakennuksen energiatehokkuuden muodostuminen ja energiatehokas käyttö ovat aina rakennuksen loppukäyttäjien vastuulla. Tämä tarkoittaa sitä, että pelkästään hyvä suunnittelu ja energiatehokkaat ratkaisut, eivät vielä takaa energiatehokasta lopputulosta. Voidaan siis todeta, että energiankäytön hallinta ja loppukäyttäjien opastaminen ovat merkittäviä tekijöitä rakennuksen energiatehokkaassa ylläpitämisessä.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.131), että asuinrakennusten ja -huoneistojen käytön opastaminen tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa, jossa korostuu selkeiden ja ymmärrettävien käyttö- ja huolto-ohjeiden laatiminen. Tämä on tärkeää, sillä nykyisin hyvin usein asuinrakennusten (kerrostalot) käyttö- ja kunnossapitotoimet ovat ulkoistettuja. Suunnitteluvaiheen dokumentointi on erittäin keskeisessä asemassa rakennuksen energiankäytön hallinnassa koko sen elinkaaren ajan, koska huoltoyhtiö voi vaihtua suhteellisen useinkin.

Oppaassa selvennetään (liite 1, s.132), että erittäin keskeisessä asemassa rakennuksen energiatehokkuuden todentamisessa ja toteutumisen seuraamisessa, ovat kulutusmittarit sekä rakennuksen automaation kautta saatavat mittaustiedot toteutuneista olosuhteista.

Energiankulutuksen ja olosuhteiden mittaukset, ovat viime kädessä ainoita keinoja todentaa rakennuksen energiatehokkuustavoitteiden toteutuminen.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.132), että rakennusautomaation avulla tarkka kulutuksen seuranta ja älykäs ohjaus mahdollistavat energiankäytön tehokkaan hallinnan, mikä parantaa rakennuksen energiatehokkuutta merkittävästi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mikäli energiankulutus kasvaa yllättäen, kohdistettavat kulutustiedot helpottavat vian paikallistamisen ja mahdollistavat nopean reagoinnin, jolloin tarpeeton energiankäyttö voidaan estää. Selvitys osoittaa, että energiankulutuksen seuraaminen on tärkeä tekijä rakennuksen energiatehokkuuden varmistamisessa sekä rakennusautomaatio sen keskeisenä mahdollistajana.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.132), että asuinrakennusten energiankulutuksen mittaamiselle ja seuraamiselle on asetettu vaatimukset, mutta myös asuinhuoneistojen osalta tulisi nykyisin huomioida huoneistokohtaiset energiankulutuksen mittaamiset ja kulutuksen seuranta mahdollisuudet. Vedenkulutuksen mittaamiselle tähän liittyen on asetettu vaatimukset, joilla on arvioitu vedenkulutuksen vähentyvän 15–20 prosenttia (liite 1, s.133) niissä kohteissa, jossa vedenkulutusta mitataan. Sähkönkäyttöön liittyen ei ole asetettu vaatimuksia huoneistokohtaisen mittaamisen ja seuraamisen osalta, mutta on tutkittu, että esimerkiksi energianäyttöjä hyödyntämällä saavutetaan tapauskohtaisesti merkittäviäkin energiansäästöjä. Tämä perustuu kuluttajien käyttötottumuksien vaikuttamiseen niin, että kuluttajat pystyvät reagoimaan omaan sähkönkäyttöön.

Oppaassa kuvaillaan (liite 1, s.133), että sähkönkäytön seuranta on yksi tärkeä osatekijä asuinrakennusten energiatehokkuuden edistämisen kannalta, joka perustuu sähkönkäytön kuluttajapalautteeseen. Tämä tarkoittaa kuluttajalle välitettyä informaatiota sähkönkäytön rakenteesta, jonka tarkoituksena on opastaa kuluttajaa tuntemaan sähkönkäytön rakennetta sekä mahdollistaa käyttötottumuksien muuttamisen ja laiteinvestointien suuntaamisen energiatehokkaampaan suuntaan. Kuluttajapalautteen kehittäminen on viime vuosina ollut hyvin aktiivista energian hinnannousun ja yleisen ympäristötietoisuuden lisääntymisen myötä.

Oppaassa selvitetään (liite 1, s.133), että suhteellisen uutena kuluttajapalautteen muotona käytetään energianäyttöjä, joiden avulla voidaan välittää kotitalouksiin reaaliaikaista informaatiota sähkönkulutuksesta. Oppaassa käsiteltävät energianäytöt, on jaettu läh-

demateriaalin mukaisesti, ensimmäisen sukupolven energianäyttöihin ja edistyksellisiin energianäyttöihin. Energianäyttöjen ja sähkömittarin tai mittausteknologian välinen tiedonsiirto voidaan nykyisin toteuttaa langattomasti, mikä mahdollistaa vapaamman sijoittelun ja paremman käyttäjäystävällisyyden. Energianäytöt voidaan myös liittää fyysisellä kytkennällä rakennuksen automaatiojärjestelmään, joka mahdollistaa edistyksellisemmät toiminnot sekä energiankulutuksen seuraamisen reaaliajassa. Edistykselliset energianäytöt on lisäksi suunniteltu niin, että ne hyödyntävät etäluettavien sähkömittareiden teknologiaa, joka tulevaisuudessa mahdollistaa niiden toimimisen osana älykästä sähköverkkoa.

Oppaassa esitetään (liite 1, s.137), että energianäyttöjen vaikutusta kuluttajien energiankäyttöön on tutkittu maailmalla tehtyjen laajojen kenttäkokeiden perusteella. Esimerkiksi ensimmäisen sukupolven energianäyttöjen kenttäkokeissa on havaittu keskimäärin 7 prosentin energiansäästö kuluttajien sähkökäytössä. Energianäyttöillä on havaittu myös joissakin yksittäisissä tapauksissa jopa 20 prosentin energiansäästö sähkökäytössä. Edistyksellisten energianäyttöjen kenttäkokeita on vielä toistaiseksi suoritettu vähän, mutta niissä on kuitenkin havaittu keskimäärin 15 prosentin energiansäästö kuluttajien sähkökäytössä. Kyseisissä tapauksissa energianäyttöillä voitiin seurata myös vedenkulutusta, jonka osalta havaittiin 5 prosentin säästö kuluttajien vedenkäytössä.

Oppaassa käytetyn lähdemateriaalin sisältämien tutkimuksien perusteella voidaan todeta, että sähkökäytön tai muun energiankäytön reaaliaikaisella seuraamisella on suora vaikutus kuluttajien käyttötottumusten muuttumiseen. Voidaan todeta, että sähkökäytön seuraamisen mahdollisuudet, kuten esimerkiksi energianäyttöjen käyttö, tulisi huomioida yhtenä energiatehokkaana ratkaisuna asuinrakennuksissa. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että sähkökäytön reaaliaikaiselle seuraamiselle annetaan vähimmäisvaatimuksia tulevaisuudessa, mikäli vastaavia tutkimuksia tehdään laajassa mittakaavassa Suomessa, sekä niillä havaitaan merkittäviä ja pysyviä vaikutuksia kuluttajien käyttötottumuksissa.

Tämän luvun selvitykset osoittavat, että energiankäytön hallinnan merkitys rakennuksen energiatehokkaassa ylläpitämisessä on merkittävä. Energiankäytön hallinnassa korostuu rakennuksen käyttäjien opastaminen ja perehdyttäminen energiatehokkaaseen käyttöön sekä energiankulutuksen reaaliaikainen seuraaminen. Myös rakennusautomaatiolla on erittäin merkittävä rooli energiankäytön hallinnassa. Rakennusautomaatio on reaaliai-

kaisen kulutuksen seuraamisen keskeinen mahdollistaja, jonka tarkoituksena on käytännössä varmistaa rakennuksen käytönaikainen energiatehokkuus.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön selvitykset osoittavat, että politiikan merkitys niin rakentamisen kuin talotekniikan energiatehokkuudessa on erittäin merkittävä. Rakentamisen energiatehokkuuden käytännössä määrittää korkeat EU-tason tavoitteet sekä ohjaustoimet niiden saavuttamisen varmistamiseksi, jotka ovat hyvin voimakkaat ja aktiiviset. Tämä varmistaa energiatehokkuuden parantumisen entisestään sekä helpottaa energiatehokkaan lopputuloksen saavuttamista, mutta toisaalta se myös lisää haasteita rakentamiselle.

Erittäin keskeinen ilmentymä energiatehokkuuden parantumisesta sekä sitä edistäviä ohjaustoimista ja sen tuomista hyödyistä rakentamisessa, ovat energiatehokkaiden laitteiden valmistuksen varmistaminen ja energiatehottomien laitteiden poistaminen markkinoilta. Tämä helpottaa esimerkiksi suunnitteluvaiheessa tehtäviä ratkaisuja siten, että käytettävissä on yhä enenevässä määrin vain energiatehokkaita laitteita. Tulee kuitenkin tiedostaa, että energiatehokasta lopputulosta tavoiteltaessa yksi energiatehokas laite tai järjestelmä ei takaa laatu- ja energiatehokkuustekijöiden toteutumista.

Toisaalta on myös havaittavissa negatiivisia ilmentymiä energiatehokkuuden edistämisen ohjaustoimista, jotka liittyvät rakentamiseen. Esimerkiksi matalaenergiarakentamisessa on vielä havaittu merkittäviäkin puutteita, jotka liittyvät kosteusongelmiin puutteellisen rakenne- ja talotekniikan yhteensovittamisen tuloksena. Tämä osaltaan kertoo siitä, että EU-tason tavoitteet ovat korkeat ja ohjaustoimet voimakkaat, eikä rakentaminen välttämättä pysy niiden perässä. Erityisesti lähes nollaenergiarakentamista tavoiteltaessa haasteet kasvavat entisestään sekä samassa suhteessa kasvaa myös kokonaisuuden hallinnan merkitys.

Talotekniikan energiatehokkuus on nimenomaan kokonaisuuden hallintaa kaikilla sen osa-alueilla, jossa korostuu erityisesti energiatehokkuus ja -laatutekijöiden sisäistäminen yhdessä käsiteltäväksi komponentiksi. On tärkeää tiedostaa, että rakennusautomaatio on tämän kokonaisuuden hallinnan keskeisin mahdollistaja sekä rakennuksen käytönaikaisen energiatehokkuuden varmistaja. Nämä tekijät tulisi ottaa huomioon lähtökohtaisesti aina, mikäli tavoitellaan nykyaikaista ja energiatehokasta rakentamista.

Kokonaisuuden hallintaan liittyy useita osatekijöitä, jotka tulee huomioida. Merkittävä osatekijä on esimerkiksi rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen jo suunnitteluvai-

heessa. Tämä varmistaa energiatehokkaan ja laadukkaan rakennuksen loppukäyttäjälle. Sähkönkäytön tehostaminenkin on merkitykseltään, jos rakennuksen rakenteelliset ja talotekniset osatekijät eivät keskustele keskenään. Tämä aiheuttaa hukkaenergian syntymistä, jonka estäminen on kuitenkin yksi keskeisimmistä tavoitteista energiatehokkuudessa.

Talotekniikan energiatehokkuuden keskeisimmät tavoitteet, voidaan kiteyttää käytännöllisen energiankulutuksen vähentämiseen ja tarpeettoman energiankäytön estämiseen. Nykyisessä rakentamisessa pyritään usein kuitenkin kustannustehokkaaseen lopputulokseen, jossa kokonaisuuden hallintaa ja energiatehokkuuden osatekijöitä ei välttämättä tiedosteta. Kustannustehokas ajattelumalli voi helposti johtaa siihen, että energiatehokkuuden tavoitteet kääntyvät päinvastaisiksi eli energiaa kuluu enemmän ja todennäköisesti suurin osa on hukkaenergiaa. Kustannustehokkuus tulisi nykyisessä rakentamisessa huomioida viimeisenä tekijänä laatu- ja energiatehokkuustekijöiden toteutumisen jälkeen.

Opinnäytetyön perusteella voidaan todeta, että energiatehokkuus on aiheena erittäin ajankohtainen sekä käsitteenä hyvin monitahoinen, jota voidaan tarkastella useasta eri näkökulmasta. Nämä tekijät hankaloittivat tutkimustyötä, mutta toisaalta myös helpottivat työtä. Esimerkiksi aiheen ajankohtaisuuden takia lähdemateriaalia oli käytettävissä loputtomasti, mikä toi omat haasteensa tarpeellisten asioiden selvittämiseen ja tutkimusten kohdistamiseen. Toisaalta loputon lähdemateriaali oli helposti käytettävissä ja löydettävissä, koska energiatehokkuus on käsitteenä niin voimakkaasti esillä rakentamisessa. Tutkimustyötä hankaloitti merkittävästi myös epämääräinen aiheen rajausta, sillä työn lähtökohdaksi annettiin energiatehokkaat ratkaisut asuinrakennuksissa, mikä tämän hetken rakentamisessa käsittää käytännössä kaikki ratkaisut joita tehdään.

Edellä mainitut tekijät vaikuttivat merkittävästi esimerkiksi tutkimustyön luonteeseen sekä oppaan sisällön muodostumiseen. Mitä enemmän aiheeseen perehtyi, sitä enemmän oppaan sisältö laajeni. Energiatehokkuuteen yhdistettiin useissa lähteissä esimerkiksi laatutekijöiden huomioiminen ennen kustannustehokkuuden ja energiansäästön tavoittelua. Tutkimustyötä tehdessä oli siis väistämätöntä perehtyä kokonaisuuksiin, koska yksittäiset ratkaisut eivät muodosta todellista energiatehokasta ja laadukasta lopputulosta. Tämä kertoo hyvin siitä, että energiatehokkuudessa korostuu kokonaisuuden hallinta kaikilla osa-alueilla.

Opinnäytetyön aiheen ajankohtaisuus teki tutkimustyöstä myös erittäin mielenkiintoisen, mikä omalta osaltaan vaikutti siihen, että työntekijän nälkä kasvoi syödessään. Tutkimustyön luonnetta voidaan siis kuvailla syventymiseksi energiatehokkuuteen, joka tässä yhteydessä käsitti hyvin suuren palapelin kokoamista. Asiantuntemuksen syventäminen koko talotekniikan energiatehokkuuteen tässä laajuudessaan on käytännössä mahdotonta aiheen monitahoisuuden takia. Selvitykset osoittavat sen, että kaikilla rakentamisen aloilla on oma roolinsa ja vastuunsa energiatehokkuuden muodostumisessa.

Opinnäytetyön keskeisenä saavutuksena voidaan pitää sitä, että työntekijä hahmottaa talotekniikan energiatehokkuuteen liittyvät osatekijät ja energiansäästöpotentiaalit sekä sähkön merkityksen niiden taustalla. Työntekijän käsitys talotekniikan energiatehokkuudesta ja sähkönkäytön tehostamisen mahdollisuuksista on viimeisen 5 kuukauden aikana auennut aivan uudella tavalla. Energiatehokkuus on paljon muutakin kuin yksittäisillä komponenteilla tavoiteltavaa energiansäästöä.

LIITTEET

Liite 1. TALOTEKNIIKAN ENERGIA TEHOKKUUS, Opas (sivut 51–200)

The logo consists of a solid orange rectangle. Inside the rectangle, the word "optiplan" is written in white lowercase letters. The "opti" part is in a standard sans-serif font, while the "plan" part is in a bold, italicized sans-serif font.

optiplan

TALOTEKNIIKAN ENERGIA TEHOKKUUS

**Opas talotekniikan energiatehokkuuteen ja
asuinrakennusten sähkönkäytön
tehostamiseen**

ALKUSANAT

Rakennuksissa kuluu yli 40 prosenttia koko Euroopan unionin (EU) kokonaisenergiankulutuksesta. EU:n asettamien ilmasto- ja energiatavoitteiden myötä, energiankäytön tehostaminen ja uusiutuvien energioiden käyttö varsinkin rakentamisessa, ovat ensisijaisen tärkeitä toimenpiteitä, joita tarvitaan unionin energiariippuvuuden ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.

Rakennuksissa kuluvan energian osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksesta on myös noin 40 prosenttia, josta asuinrakennukset ja asuminen muodostavat noin 20 prosenttia. Asuinrakennusten osuus Suomen koko rakennuskannasta on noin 85 prosenttia ja tämän alan laajentuessa, on väistämätöntä myös sen energiankulutuksen kasvaminen. Asuinrakennusten energiatehokkaat ratkaisut ja energiankäytön tehostaminen, ovat siis erittäin ajankohtainen ja tärkeä teema nykypäivän rakentamisessa. Pelkästään sana energiatehokkuus, esiintyy lähestulkoon jokaisessa tuotteessa tai mainoksessa, joita käsittelemme päivittäin niin työ- kuin arkielämässä.

Tämä opas käsittelee talotekniikan energiatehokkuutta ja asuinrakennusten energiatehokkaita ratkaisuita niin, että pääpaino on sähkönkäyttöön liittyvissä tekijöissä. Oppaan keskeisimmät taustat ovat energiatehokkuuden ajankohtaisuus ja merkitys ilmastomuutoksen vastaisessa taistelussa sekä jatkuvasti kiristyvät vaatimukset ja muuttuvat määräykset. Oppaan sisältö käsittelee energiatehokkuutta ja energiatehokkaita ratkaisuita hyvin laajasti, mikä kuvaa osaltaan energiatehokkuuden merkitystä ja ajankohtaisuutta nykypäivän rakentamisessa.

Ensimmäisessä osassa käsitellään energia- ja ilmastopoliittisia tavoitteita ja ohjaustoimia, joiden myötä rakentamisen energiatehokkuutta ohjataan ja edistetään hyvin vahvasti. Energiatehokkuutta ohjataan ja edistetään esimerkiksi säädösin ja määräyksin sekä tuotekohtaisilla vaatimuksilla. Ensimmäisen osan tarkoituksena on luoda käsitys tämän hetkisistä energiatehokkuuteen liittyvistä ohjaustoimista ja tulevaisuuden tavoitteista sekä siitä, miten ne liittyvät rakentamiseen ja sähkönkäyttöön.

Toisessa osassa käsitellään energiatehokkuuden merkitystä nykypäivän rakentamisessa. Energiatehokkaisiin ratkaisuihin pyrittäessä, on ehdottoman tärkeää tiedostaa ja omaksumaa energiatehokkaan rakentamisen perusta ja kokonaisuuden hallinnan merkitys sekä rakennusten energiatehokkuudelle asetetut vähimmäisvaatimukset. Erittäin tärkeää on ymmärtää esimerkiksi se, että energiatehokkaisiin ratkaisuihin pyrittäessä, sisäilmasto-olosuhteista ei saa tinkiä missään olosuhteissa.

Kolmannessa osassa käsitellään sähkönkäyttöön liittyviä energiatehokkaita taloteknisiä ratkaisuita, joissa tarkastelun painopiste on energiaa käyttävien laitteiden ja järjestelmien sähkönkäytön tehostamisessa. Energiatehokkaita ratkaisuita käsitellään talotekninen osajärjestelmä kerrallaan niin, että tarkastellaan kyseisen aihealueen toimintaperiaatetta ja rakennetta sekä sähkönkäytön merkitystä ja muodostumista. Tarkoituksena on selvittää keskeisimmät energiansäästöpotentiaalit, joiden myötä käsitellään keskeisimmät energiatehokkaat ratkaisut.

Kolmannessa osassa käsitellään myös keskeisimmät ilmaisenergioiden hyödyntämiseen perustuvat ratkaisut, jotka liittyvät olennaisesti sähkönkäytön tehostamiseen. Lisäksi tarkastellaan uutta teknologiaa, joka tulevaisuudessa voi mahdollistaa ilmaisenergian hyödyntämisen täysin uudella ja innovatiivisella tavalla. Energiatehokkuuteen ja mata-

laenergiarakentamiseen liittyen, ilmaisenergioiden tehokas hyödyntäminen rakentamisessa on erittäin keskeinen ja ajankohtainen teema.

Tämä opas on tarkoitettu talotekniikan energiatehokkuuteen ja asuinrakennusten sähkökäytön tehostamiseen liittyvän asiantuntemuksen syventämiseksi sekä suunnitteluvaiheen tiedonhankinnan tueksi. Opas on laadittu ns. sähköiseen muotoon, jolloin oppaan sisältämiä linkityksiä voidaan hyödyntää tiedonhankinnassa.

Tämä opas on laadittu opinnäytetyönä Optiplan Oy:lle.

30.4.2014

OLLI SYRJÄLÄ

SISÄLTÖ

1	ENERGIATEHOKKUUS	8
1.1	Yleistä	8
1.2	Energia- ja ilmastopolitiikka.....	8
1.2.1	Euroopan unionin energia- ja ilmastopolitiikka.....	8
1.2.2	Suomen energia- ja ilmastopolitiikka.....	10
1.2.3	Kansallinen energia- ja ilmastostrategia 2008	11
1.2.4	Kansallinen energia- ja ilmastostrategia 2013	12
1.2.4.1	Nykytilanne.....	12
1.2.4.2	Energiatehokkuustoimenpiteet	14
1.3	Energiatehokkuuden edistäminen	15
1.3.1	EU-direktiivit.....	16
1.3.1.1	Ecodesign-direktiivi (2009/125/EY).....	16
1.3.1.2	Energiamerkintädirektiivi (2010/30/EU).....	17
1.3.1.3	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2010/31/EU).....	18
1.3.1.4	Energiatehokkuusdirektiivi (2012/27/EU).....	19
1.3.2	Valtioneuvoston periaatepäätökset	20
1.3.2.1	Energiatehokkuustoimenpiteet	20
1.3.2.2	Kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen edistäminen julkisissa hankinnoissa.....	20
1.3.3	Säädökset ja määräykset	21
1.3.3.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	22
1.3.3.2	Suomen rakentamismääräyskokoelma.....	22
1.3.3.3	Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräykset	24
1.3.3.4	Energiatodistukset.....	24
1.3.3.5	Ekosuunnittelu ja energiamerkintä	25
1.3.3.6	Energiatehokkuuslaki (valmisteilla)	26
1.3.4	Standardit ja ohjeet.....	27
1.3.4.1	SFS-Standardit	27
1.3.4.2	ST-Kortisto.....	28
1.3.5	Energiatodistukset	29
1.3.6	Energiakatselmukset	30
1.3.6.1	Energiakatselmustoiminta.....	30
1.3.6.2	Asuinkerrostalojen energiakatselmuks	30
1.3.7	Energiatehokkuussopimukset.....	32
1.3.7.1	Kiinteistöalan energiatehokkuussopimus (2010–2016).....	32
2	ENERGIATEHOKKUUS RAKENTAMISESSA	34
2.1	Energiatehokas rakentaminen	34
2.1.1	Kokonaisuuden hallinta.....	35
2.1.2	Matala- ja nollaenergiarakentaminen	36
2.2	Sisäolosuhteet ja niiden hallinta	37
2.3	Energiatehokkuuden varmistaminen.....	39
2.3.1	Energiatehokkuuden vaatimukset	39
2.3.1.1	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku).....	40
2.3.1.2	Kesäajan huonelämpötilan hallinta.....	40
2.3.1.3	Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus	41
2.3.1.4	Lämmitysjärjestelmän tehot.....	41
2.3.1.5	Energiankäytön mittaus	41
2.3.1.6	Valaistuksen energiatehokkuus	42

2.3.2	Energialaskennan lähtötiedot	42
2.3.2.1	Rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat	42
2.3.3	Energialaskennan laskentasäännöt ja -ohjeet	43
2.3.3.1	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku).....	44
2.3.3.2	Lämmitysjärjestelmä.....	45
2.3.3.3	Ilmanvaihtojärjestelmä ja ominaissähköteho (SFP-luku)	45
2.3.3.4	Jäähdytysjärjestelmä	46
2.3.3.5	Valaistus ja kuluttajalaitteet (asuinrakennuksen laitesähkö)	47
2.3.3.6	Aurinkosähköjärjestelmät	49
2.3.3.7	Muut tekniset järjestelmät.....	50
2.3.4	Määräystenmukaisuuden osoittaminen	50
2.3.4.1	Energiaselvitys.....	50
2.4	Asuinrakennusten energiankulutus	51
2.4.1	Sähköenergian kulutus	52
2.4.1.1	Lämmityssähkö asuinrakennuksissa.....	52
2.4.1.2	Laitesähkö asuinrakennuksissa.....	54
3	TALOTEKNISET RATKAISUT.....	56
3.1	Rakennusautomaatio	56
3.1.1.1	Tavoitteet	57
3.1.2	Vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen.....	57
3.1.2.1	Luokka A, Talotekniikan hallintajärjestelmä	59
3.1.2.2	Luokka B, Rakennuksen automaatiojärjestelmä.....	60
3.1.2.3	Luokka C, Automaattiset säätö- ja ohjaustoiminnot.....	60
3.1.2.4	Luokka D, Manuaalinen käyttö	61
3.1.3	Taloteknisten osajärjestelmien optimointi	61
3.1.4	Lämpökuormien hallinta	63
3.1.5	Rakennusautomaatiojärjestelmät.....	64
3.1.5.1	KNX-taloautomaatio	65
3.1.5.2	Esimerkki: KNX-järjestelmä asuinkerrostalossa	66
3.2	Ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys	67
3.2.1	Ilmanvaihto	67
3.2.1.1	Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus ja SFP-luku.....	68
3.2.1.2	Lämmöntalteenotto (LTO).....	69
3.2.2	Lämmitys	71
3.2.2.1	Energiatehokas lämmitys.....	71
3.2.3	Sähkönkäyttö lämmityksessä	75
3.2.3.1	Lattialämmitys	76
3.2.4	Jäähdytys	76
3.2.4.1	Jäähdytysjärjestelmät	77
3.2.5	Tarpeenmukainen käyttö.....	78
3.2.5.1	Ilmanvaihto ja ilmastointi	79
3.2.5.2	Lämmitys	80
3.2.5.3	Sähköiset sulanapitolämmitykset.....	82
3.2.5.4	Jäähdytys.....	83
3.3	Puhallin- ja pumppukäytöt.....	84
3.3.1	Sähkömoottorijärjestelmät ja energiatehokkuus	86
3.3.2	Sähkömoottoreiden energiatehokkuus (hyötysuhdeluokitukset)	87
3.3.3	Tarpeenmukainen käyttö	88
3.4	Valaistus.....	91
3.4.1	Energiatehokkaan valaistusratkaisun osatekijät.....	91
3.4.1.1	Valaistuksen energiatehokkuuden arviointi, LENI-indeksi	92

3.4.2	Tilan käyttötarkoitus ja valaistuksen laatutekijät	93
3.4.2.1	Valaistusvoimakkuus (valon määrä).....	94
3.4.2.2	Väriominaisuudet (värilämpötila ja värintoisto).....	97
3.4.2.3	Valon vaihtelevuus	98
3.4.2.4	Valaistuksen aleneman hallinta (alenemakerroin).....	99
3.4.3	Tilan ominaisuudet	99
3.4.3.1	Heijastussuhteet	99
3.4.4	Päivänvalon hyödyntäminen (luonnonvalo)	100
3.4.5	Valaisinsijoittelu ja valaistustavat.....	101
3.4.6	Valaisimet ja liitälaitteet	103
3.4.6.1	Liitälaitteet	104
3.4.7	Valonlähteet	105
3.4.7.1	Väriominaisuudet.....	105
3.4.7.2	Valontuotto	105
3.4.7.3	Valotehokkuus	106
3.4.7.4	Käyttöikä ja taloudellinen käyttöikä.....	106
3.4.7.5	LED (Light Emitting Diode)	107
3.4.7.6	Loistelamput (yksikantaiset ja kaksikantaiset)	109
3.4.8	Elinkaarikustannukset	110
3.4.9	Tarpeenmukainen käyttö	110
3.4.9.1	Käsiohjaukset.....	112
3.4.9.2	Automaattiset ohjaukset ulkotiloissa	113
3.4.9.3	Automaattiset ohjaukset käytävissä.....	114
3.4.9.4	Automaattiset ohjaukset apu- ja huoltotiloissa	114
3.4.9.5	Automaattiset ohjaukset autohalleissa.....	114
3.4.9.6	Valaistuksen täysimääräinen ohjaus	115
3.5	SmartLight–teknologia	117
3.5.1	Toimintaperiaate	117
3.6	Aurinkosuojaus	119
3.6.1	Aurinkosuojauksen hyödyt	120
3.6.1.1	Aurinkosuojaus ja jäähdytys.....	120
3.6.1.2	Auringonvalo ja valaistus	121
3.6.1.3	Auringonvalo ja lämmitys	121
3.6.2	Aurinkosuojausratkaisut.....	122
3.6.3	Tarpeenmukainen käyttö	123
3.7	Hissikäytöt	124
3.7.1	Jarrutusenergian hyödyntäminen ilmaisenergiana	126
3.8	Kotitalouskuormat	127
3.8.1	Autolämmitykset.....	128
3.8.1.1	Muuntojoustavuus.....	128
3.8.2	Sähköautojen lataus.....	129
3.8.2.1	Dynaaminen kuorman ohjaus	130
3.9	Energiankäytön hallinta	130
3.9.1	Energiatehokkaan käytön opastaminen.....	131
3.9.2	Mittarointi ja seuranta	132
3.9.3	Sähkönkäytön seuranta.....	133
3.9.3.1	Kuluttajapalautteen välittäminen	134
3.9.4	Energianäytöt	134
3.9.4.1	Energianäyttöjen vaikutus kuluttajien käyttötottumuksiin	136

LÄHTEET	138
LIITTEET	148
Liite 1. Lampputyypin valontuotto, teholuokka ja valotehokkuus [110]	148
Liite 2. Lampputyypin käyttöikä [110]	149
Liite 3. Lampputyypin käyttöikä [110]	150

1 ENERGIA TEHOKKUUS

1.1 Yleistä

Energian kuluttaminen on väistämätöntä jokapäiväisessä työ- ja arkielämässämme. Energiaa tarvitaan ja käytetään erilaisten tuotteiden ja palveluiden toteuttamiseen sekä ylläpitämiseen, kuten esimerkiksi rakennusten ilmanvaihtoon, lämmitykseen, jäähdytykseen ja valaistukseen. [1]

Erittäin ajankohtainen aihe ja yksi keskeisimmistä EU:n tavoitteista, on tämän väistämättömän energiankulutuksen vähentäminen. Tähän pyritään energiankäytön tehostamisella ja tarpeettoman energiankulutuksen estämisellä eli energiatehokkuutta parantamalla. Tähän liittyen EU:n jäsenmaita velvoittaa tavoite, jolla pyritään parantamaan energiatehokkuutta 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Energiatehokkuuden parantamisella tavoitellaan luonnonvarojen säästämistä ja kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokasta vähentämistä. [1, 3]

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energiankäytön hyötysuhdetta, joka muodostuu edellä mainitun suoritteen tai palvelun ja sen tuottamiseen tarvittavan energiamäärän suhteesta. Energiatehokkuutta voidaan kuvailla niin taloudellisesta, teknisestä, energian laadullisesta kuin päästö- ja ilmastovaikutusten sekä omavaraisuuden näkökulmasta. Energiatehokkuuteen voidaan myötä vaikuttaa hyötysuhdetta parantamalla, jota kutsutaan myös energiankäytön tehostamiseksi. [1, 2]

Energiankäytön tehostamisella tarkoitetaan sellaisten toimenpiteiden toteuttamista, millä edellä mainitun suoritteen tai palvelun tuottamiseen tarvittavaa energiamäärää pienennetään ja/tai sen tuottamaa hyötyä parannetaan. Energiankäytön tehostamiseen liittyvät toimenpiteet eivät saa vaikuttaa heikentävästi suoritteen tai palvelun laatutekijöihin, kuten esimerkiksi sisäilmaston laatuun. Energiankäytön tehostaminen johtaa energiansäästön lisäksi usein suoritteen tai palvelun laadun parantumiseen entisestään. [1, 2]

1.2 Energia- ja ilmastopolitiikka

1.2.1 Euroopan unionin energia- ja ilmastopolitiikka

Energiatehokkuuden parantaminen on asetettu yhdeksi tärkeimmistä tavoitteista EU:n yhteisessä energia- ja ilmastopolitiikassa. Parantamalla energiatehokkuutta, EU myötävaikuttaa ratkaisevalla tavalla energian kilpailukykyiseen hintaan, energian toimitusvarmuuteen sekä ilmastomuutosta koskevien sitoumusten noudattamiseen. Erityisesti rakennusalan energiatehokkuuden edistäminen on ratkaisevan tärkeässä osassa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. [4]

EU:n ilmastopolitiikka on sitoutunut YK:n ilmastopöytäkirjaan (1994) ja Kioto-protokollaan (2005), mitkä toimivat kansainvälisen yhteistyön pohjana. Kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa, tavoitellaan kasvihuonekaasupäästöjen vakiinnuttamista sellaiselle tasolle, jolla estetään ihmisen toiminnasta aiheutuvia vaarallisia muutoksia ilmastojärjestelmässä. Vakiinnuttamisen tavoite tarkoittaa sitä, että ilmaston lämmön nousu pyritään rajoittamaan kahteen asteeseen. Suomi toimii kansainvälisissä ilmastoneuvotteluissa EU:n jäsenmaana ja sen ilmastopoliittisten linjausten mukaisesti. [5]

Kioto pöytäkirjan (2005) ensimmäisen velvoitekauden mukaan EU:n tavoitteena oli kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 8 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuosina 2008–2012. EU:ssa vähennettiin kasvihuonekaasupäästöjä velvoitekauden tavoitteen mukaisesti, mikä on merkinnyt EU:n sisäisen taakanjaon perusteella, Suomen osalta päästöjen vakiinnuttamista vuoden 1990 tasolle. Kioto pöytäkirjan toinen velvoitekausi alkoi 1.1.2013 ja se kestää kahdeksan vuotta päättyen 31.12.2020. Toiselle velvoitekaudelle EU:n kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteeksi asetettiin 20 prosenttia. Tavoitteen saavuttamiseksi EU:ssa laadittiin vuonna 2008 pitkän aikavälin yhteinen energia- ja ilmastostrategia. [5]

EU:n vuoden 2008 energia- ja ilmastostrategiassa on asetettu EU:n yhteiset energia- ja ilmastotavoitteet vuodelle 2020 sekä päätetty toimenpiteistä tavoitteiden saavuttamiseksi. Strategiassa on myös visioitu pidemmän aikavälin tavoitteita, jotka koskevat kasvihuonekaasupäästöjen leikkauksia vuoteen 2050 mennessä. Kyseisessä energia- ja ilmastopakettissa päätetyt tavoitteet ja toimenpiteet ohjaavat sekä EU:n että kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan valmistelua ja toimeenpanoa. [5]

EU:n yhteiset energia- ja ilmastotavoitteet vuodelle 2020 (taulukko 1) saivat lopullisen muotonsa EU:n energia- ja ilmastopolitiikan lainsäädäntöpaketin myötä vuonna 2009. Tämä niin kutsuttu 20–20–20 tavoite, muodostaa taustan jatkuvasti kiristyville energiatehokkuusvaatimuksille.

EU:n jäsenmaita velvoittavat yhteiset tavoitteet, tarkoittavat sitä, että jäsenmaiden tulee vuoteen 2020 mennessä:

- vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosentilla vuoden 1990 tasosta
- nostaa uusiutuvien energialähteiden osuus 20 prosenttiin EU:n energian loppukulutuksesta (Suomi 38 prosenttia)
- parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla

Taulukko 1. EU:n energia- ja ilmastotavoitteet vuodelle 2020. [5]

Tavoitteet vuodelle 2020	EU	Suomi
Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ¹⁾	-20 %	-20 %
Päästökauppasektorin päästöt ²⁾ (sähköntuotanto, energiavaltainen teollisuus)	-21 %	-21 %
Päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöt ²⁾ (rakentaminen, rakennusten lämmittäminen ja asuminen)	-10 %	-16 %
Uusiutuvien energialähteiden osuus energian loppukulutuksesta ²⁾	+20 %	+38 %
Energiatehokkuuden parantaminen ³⁾	+20 %	+20 %

1) vertailuvuosi 1990

2) vertailuvuosi 2005

3) verrattuna vuonna 2007 arvioituun kehitykseen

Suomen kansalliseksi tavoitteeksi asetettiin päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöjen vähentäminen 16 prosentilla ja uusiutuvien energialähteiden osuuden nostaminen 38 prosenttiin energian loppukulutuksesta (taulukko 1). Muut tavoitteet ovat yhteneväiset EU tason tavoitteiden kanssa. Päästökaupan ulkopuoliseen sektoriin kuuluu mm. rakentaminen, rakennusten lämmittäminen sekä asuminen. Päästökauppasektoriin puolestaan kuuluu mm. sähköntuotanto ja energiavaltainen teollisuus. [6]

Taulukossa 1 käytetään vertailuvuosia, joiden mukaan tavoitteita voidaan tarkastella. Esimerkiksi päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöt vuonna 2005, olivat noin 35,4 miljoonaa tonnia CO₂-ekv (hiilidioksidiekvivalentti, mikä kuvaa ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta) ja uusiutuvien energialähteiden osuus energian loppukulutuksesta vuonna 2005, oli noin 28,5 prosenttia (Suomessa). Sähkönkäyttö vuonna 2007 (n. 90,4 TWh:a) on ollut korkeimmillaan ajanjaksolla 1960–2011, mikä selittää vertailuvuoden asettamisen juuri kyseiselle vuodelle. [5, 28]

Vuoden 2009 Energia- ja ilmastopolitiikan lainsäädäntöpaketti muodostaa pohjan myös EU:n pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategialle, jonka tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 80–95 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. [5]

Parhaillaan EU:ssa keskustellaan energia- ja ilmastostrategiasta vuosille 2021–2030, mihin liittyen Euroopan komissio julkaisi tuoreimman energia- ja ilmastopaketin tammikuussa 2014. Energia- ja ilmastopaketissa esitetään kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 40 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. [7]

Energiatoimiala ry:n tiedotteen mukaan tavoite on haastava, mutta se on linjassa ns. pitkän aikavälin tavoitteen kanssa. Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiselle EU-tasolla on asetettu 27 prosentin sitova tavoite, joka on linjassa päästötavoitteen kanssa, kun myös energiatehokkuuden parantuminen otetaan huomioon. [7]

1.2.2 Suomen energia- ja ilmastopolitiikka

Suomen energia- ja ilmastopolitiikan keskeisimmät tavoitteet ovat energian toimitusvarmuudesta huolehtiminen, energian kilpailukykyinen hinta sekä EU:ssa yhteisesti asetettujen energia- ja ilmastotavoitteiden toteuttaminen. Tavoitteisiin pääseminen edellyttää energia- ja ilmastopolitiikalta toimenpiteitä, joissa painottuvat energiatehokkuus ja energiansäästö sekä uusiutuvien energialähteiden tuotannon ja käytön lisääminen. [6]

Suomen energia- ja ilmastopolitiikkaa koordinoi joukko eri ministeriöitä, joiden vastuulla on kansallisen lainsäädännön valmistelut ja toimeenpanot. Rakennetun ympäristön energiatehokkuuden edistämisen kannalta keskeisimmät ministeriöt ovat Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) sekä Ympäristöministeriö (YM). [5]

TEM on Suomen edustaja energiatehokkuuteen liittyvissä asioissa EU:ssa sekä muussa kansainvälisessä yhteistyössä. TEM koordinoi kansallista energiatehokkuuspolitiikkaa, tavoitteenaan edistää energiankäytön tehokkuutta. TEM vastaa mm. energiapolitiikan kansallisen valmistelun ja toimeenpanon yhteensovittamisesta, kuten esimerkiksi Euroopan parlamentin ja neuvoston antamien direktiivien toimeenpanosta. [3]

Tätä opasta kirjoitettaessa, perustettiin uusi Energiavirasto (1.1.2014), johon siirrettiin energiatehokkuuden edistämisen toimeenpanotehtäviä (TEM:stä), jotka liittyvät energiatehokkuussopimuksiin, energiakatselmuksiin, kuluttajien energianeuvontaan ja viestintään sekä tuotteiden ekologiseen suunnitteluun ja energiamerkintään. Tämä on yksi energiatehokkuustoimenpiteisiin liittyvä muutos, joka koskee energiatehokkuuden edistämisen organisoinnin kehittämistä. [3]

YM koordinoi Suomessa YK:n ilmastopöytäkirjan alaisia ilmastoneuvotteluita ja EU-tason neuvotteluita ilmastoasioista. Kansallisessa ilmastopolitiikassa, YM vastaa mm.

maankäyttö- ja aluesuunnittelupolitiikasta sekä rakentamisesta, kuten esimerkiksi rakennettua ympäristöä koskevasta lainsäädännöstä. [8]

Lisäksi YM vastaa ilmastolain valmisteluista, minkä keskeisiä elementtejä ovat mahdollinen 80 prosentin päästövähennystavoite vuodelle 2050 ja hallinnon toimintaa päästökaupan ulkopuolisten päästöjen vähentämiseksi ohjaavan suunnittelu- ja seurantajärjestelmän ja viranomaistoiminnan selkeyttäminen. Energiatehokkuuden kannalta tärkeimmät lainsäädännöt, kuten rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö, esitellään luvussa 1.3.3 *Säädökset ja määräykset*. [8]

1.2.3 Kansallinen energia- ja ilmastostrategia 2008

Suomen energia- ja ilmastopolitiikan tavoitteet ja toimenpiteet on määritelty yksityiskohtaisemmin vuoden 2008 kansallisessa, pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategiasa, jolla on toimeenpantu EU:n ilmasto- ja energiastrategian mukaiset tavoitteet vuodelle 2020. Strategiassa kuvataan kansainvälisen toimintaympäristön muutoksia viime vuosina ja esitetään Eurooppa-neuvoston keväällä 2007 hyväksymien linjausten sekä komission niiden pohjalta vuonna 2008 esittämän energia- ja ilmastopakettien edellyttämät toimenpiteet Suomessa. Toimenpiteitä on esitetty mm. kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteiden, energian hankinnan, uusiutuvien energioiden ja energiatehokkuuden osalta. [6]

Strategian pääpaino on vuoteen 2020 ulottuvissa linjauksissa ja niiden edellyttämissä toimenpiteissä, minkä lisäksi siinä on esitetty visiota vuoteen 2050 asti. Strategiassa esitellään kaksi skenaariota, jotka ovat nykytoimien ja -kehityksen mukainen perusura sekä EU:n ja kansalliset tavoitteet toteuttava tavoiteura. EU:n energia- ja ilmastotavoitteita mukaillen, strategiassa on asetettu kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteet, uusiutuvan energian edistämistavoitteet ja energiankäytön tehostamistavoitteet. [5, 6]

Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa (2008) on esitetty, että ilman uusia energiapoliittisia toimenpiteitä (perusura) energiankäytön loppukulutus ajanjaksona 2005–2020 kasvaisi noin 300 terawattitunnista (TWh) noin 350 TWh:iin. Sähkönkulutus kasvaa noin prosentin vuosivauhtia, mikä tarkoittaa sitä, että ajanjaksolla 2007–2020 se kasvaisi puolestaan noin 90 TWh:sta noin 103 TWh:iin. [5, 6]

Vuoden 2008 strategiassa, valtioneuvosto asetti Suomen tavoitteeksi (tavoiteura) energian loppukulutuksen kasvun pysäyttämisen ja kääntämisen laskuun siten, että energian loppukulutusta tehostetaan vuoteen 2020 mennessä noin 37 TWh:lla. Tämä tarkoittaa noin 11 prosenttia verrattuna kehitykseen ilman tehostamistoimenpiteitä. Sähköenergian osuus edellä mainitusta 37 TWh:n tavoitteesta on noin 5 TWh ja loppu on lämpöenergiaa sekä liikennepolttoainetta. [5, 6]

Tavoite tarkoittaa käytännössä sitä, että vuonna 2020:

- energian loppukulutuksen tulisi olla noin 313 TWh:a (350–37 TWh)
- sähkönkulutuksen tulisi olla noin 98 TWh:a (103–5 TWh)

Strategian pitkän aikavälin visiona on energian loppukulutuksen vähentäminen vähintään kolmanneksella vuoden 2020 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa (2008) on mainittu, että kyseisten tavoitteiden saavuttaminen edellyttää energiakäytön tehostamista erityisesti mm. asumisessa ja rakentamisessa. [9]

Suomen energia- ja ilmastopolitiikkaa pidemmällä aikavälillä käsitellään valtioneuvoston vuonna 2009 hyväksymässä tulevaisuusselonteossa, jossa asetetaan energiatehokkuuden parantaminen ja energiansäästö etusijalle kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Tulevaisuusselonteossa tavoitteeksi asetetaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 80 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. [9]

1.2.4 Kansallinen energia- ja ilmastostrategia 2013

Kansallinen energia- ja ilmastostrategia päivitettiin vuoden 2013 alussa, minkä tarkoituksena on varmistaa vuodelle 2020 asetettujen kansallisten tavoitteiden saavuttaminen sekä valmistella tietä kohti EU:n pitkän aikavälin energia- ja ilmastotavoitteita. [5]

Päivitettyssä energia- ja ilmastostrategiassa tarkastellaan mm. nykytilannetta ja aiemmin päätettyjen toimien vaikutuksia. Lisäksi siinä annetaan linjauksia, jotka koskevat mm. energiatehokkuustoimenpiteitä sekä EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa vuoden 2020 jälkeen. [5]

1.2.4.1 Nykytilanne

Nykytilanteesta on mainittu, että ilman merkittäviä uusia poliittisia toimenpiteitä, globaali energiankäyttö kasvaa niin, että ilmaston lämmön nousun rajoittaminen kahteen asteeseen käy mahdottomaksi. Kahden asteen tavoitteen saavuttamiseksi on, kansainvälisen energiajärjestön (International Energy Agency, IEA) mukaan, otettava käyttöön kaikki mahdolliset energiantuotantoon ja -käyttöön liittyvät keinot. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että energiankäyttöä on tehostettava ja energiatuotannon on pääosin perustuttava hiilettömyyteen. Uusiutuvien energialähteiden energiatuotanto tulisi kytkeä osaksi rakennustekniikka ja energiajärjestelmiä. [5]

Päästökauppajärjestelmässä kasvihuonekaasupäästöille on asetettu sitova yläraja, mikä varmistaa, että päästökauppa- ja -sektori täyttää EU:n sille asettamat tavoitteet (21 %). Vastaavasti päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästövähennystavoitteet (16 %) saattavat täytyä jo päätettyjen kansallisten toimien avulla. [5]

Päästökaupan ulkopuolisen sektorin (rakentaminen ja asuminen) päästövähennystavoitteiden toteutumisen kehitystä voidaan verrata vertailuvuoden 2005 ja vuoden 2011 todellisiin kasvihuonekaasupäästöihin: [28]

- vuonna 2005 päästöt olivat 35,4 miljoonaa tonnia CO₂ ekv
- vuonna 2011 päästöt olivat 31,8 miljoonaa tonnia CO₂ ekv
- vuoden 2020 tavoitteena on noin 29,7 miljoonaa tonnia CO₂ ekv (rakentaminen, asuminen jne.)

Uusiutuvien energialähteiden vuoden 2020 kansallinen 38 prosentin tavoite ollaan saavuttamassa jo päätetyillä toimenpiteillä. Suomessa uusiutuvien energialähteiden käyttö kasvaa etupainoisesti eli Suomi tulee ylittämään EU:n asettaman uusiutuvan energian vuotuiset vähimmäistavoitteet 2010-luvun aikana. Tarkastelujakson lopulla, uusiutuvan energian todennäköinen käyttö ja EU:n asettama velvoite, ovat kuitenkin jälleen lähellä toisiaan. [5]

Uusiutuvien energialähteiden käyttötavoitetta energian loppukulutuksesta voidaan vertailla vertailuvuoden 2005 ja tilastokeskuksen vuoden 2011 sekä 2013 toteutuneisiin kulutustietoihin [10]:

- vuonna 2005 toteutunut osuus oli 28,5 prosenttia loppukulutuksesta
- vuonna 2011 toteutunut osuus oli 28,3 prosenttia loppukulutuksesta
- vuonna 2013 toteutunut osuus oli 31 prosenttia loppukulutuksesta (ennakko)
- vuonna 2020 uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta tulisi olla 38 prosenttia Suomessa

Energiatehokkuustavoitteisiin (energiansäästö tavoite 37 TWh:a vuoteen 2020 mennessä, josta sähköenergian osuus on 5 TWh:a) päästään sähköenergian osalta, mutta muun energian osalta tavoitteeseen ei ehkä päästä, jolloin loppukulutustavoitetta (310 TWh:a vuonna 2020) ei täysin saavuteta. [5]

Sähkönkäytön osalta tavoite toteutuu pääosin hidastuneen talouskasvun ja talouden rakennemuutoksen seurauksena, mikä tarkoittaa sitä, että jo nyt päätetyillä toimenpiteillä vuoden 2020 sähkönkulutuksen arvioidaan jäävän noin 94 TWh:iin (tavoiteurassa arvioitu kulutus oli 98 TWh:a). Muun energian osalta tavoite ei toteudu, mikä johtuu osittain tilastoinnissa tapahtuneista muutoksista, minkä vuoksi energiankulutus on vuoden 2008 strategiaa laadittaessa arvioitu todellista pienemmäksi. [5]

Sähkönkäytön tehostamisen tavoitetta voidaan vertailla vertailuvuoden 2007 ja tilastokeskuksen vuoden 2011 sekä 2013 energian loppukulutustietoihin: [10]

- | | |
|--|----------|
| - vuoden 2007 toteutunut sähkönkulutus oli | 90,4 TWh |
| - vuoden 2011 toteutunut sähkönkulutus oli | 84,2 TWh |
| - vuoden 2013 toteutunut sähkönkulutus oli | 83,9 TWh |
| - vuoden 2020 arvioitu sähkönkulutus olisi noin 94 TWh | |

Energiapalveludirektiivin (2006/32/EY) mukainen ohjeellinen tavoite tehostaa energiankäyttöä 9 prosenttia vuoteen 2016 mennessä tullaan saavuttamaan. Jo ilman uusia toimiakin tullaan saavuttamaan yli 12 prosentin energiansäästö. Uudet energiatehokkuustavoitteet, kuten ohjeellinen kansallinen energiatehokkuustavoite vuodelle 2020, sisältyvät vuonna 2012 voimaan tulleeseen energiatehokkuusdirektiiviin (2012/27/EU), joka korvasi voimaan tullessaan energiapalveludirektiivin. [5]

Sähkön hankinnan omavaraisuuden turvaamisen suhteen kehitys etenee toistaiseksi ennakoidusti. Suomi on voimakkaasti tuontiriippuvainen kylmimpinä talvikausina, kunnes Olkiluodon kolmas voimalaitosyksikkö käynnistyy. Tehoriittävyys jää siitä huolimatta heikommaksi kuin eurooppalaiset tavoitteet edellyttäisivät. Omavaraisuustavoitteen katsotaan toteutuvan viimeistään 2020-luvulla, kun periaateluvan saaneet ydinvoimalaitosyksiköt käynnistyvät ja pienimuotoinen tai muuten hajautettu sähköntuotanto yleisyy. [5]

Strategiassa on lisäksi otettu kantaa myös siihen, että vuoden 2020 jälkeisten päästövähennystavoitteiden tulee olla linjassa ns. kahden asteen yleisen lämpenemistavoitteen kanssa sekä uusiutuvan energian tavoitteen tulisi olla ohjeellinen tai sitovan tavoitteen maltillinen, jotta kansalliselle energiapolitiikalle ja kansallisten olosuhteiden mahdollisille muutoksille jäisi riittävästi liikkumatilaa. Myös mahdollisen EU:n energiatehokkuustavoitteen tulisi olla ohjeellinen ja kansallisen tavoitteen Suomen itsensä määrittelemä. Energiatehokkuutta edistetään EU:ssa jo nykyisellään laajalti ja tulevaisuudessa

entistä enemmän yhteisin toimin, kuten esimerkiksi laitteita koskevin energiatehokkuusvaatimuksin (ecodesign-direktiivi). [5]

1.2.4.2 Energiatehokkuustoimenpiteet

Päivitetystä strategiassa, energiatehokkuustoimenpiteiden osalta, on asetettu tavoitteeksi taistaa energia loppukulutuksen kasvu energiatehokkuutta parantamalla niin, että vuoden 2020 kulutus on enintään 310 TWh:a. Toimenpiteisiin liittyen on myös linjattu, että laaditaan energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU) mukainen kansallinen energiatehokkuuden toimeenpanosuunnitelma (1/2014). Direktiiviä ja sen toimeenpanoa käsitellään tämän oppaan kappaleessa 1.3.1 EU-direktiivit.

Strategiassa on myös linjattu siitä, että laaditaan pitkän aikavälin strategia rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta energiatehokkuusdirektiivin määrääjän puitteissa ja asetetaan mm. tieto- ja viestintäverkkojen kasvavalle energiankulutukselle määrätietoisia energiatehokkuustavoitteita. [5]

Päivitetystä strategiassa on myös hahmoteltu tarvittavia lisätoimenpiteitä vuoteen 2020 mennessä, mitkä ovat kustannustehokkaita ja todennäköisesti toteutettavia. Perusskenaariosta ja siihen liitettävistä lisätoimenpiteistä koostuvaa kokonaisuutta, kutsutaan tässä yhteydessä tarkennetuksi perusskenaarioksi. [5]

Perusskenaariolla arvioidaan jo päätettyjen toimenpiteiden vaikutusta tulevaisuuden kehitykseen, jonka mukaan Suomi on pääosin täyttämässä EU:n vuodelle 2020 asettaman 20–20–20 tavoitteen. EU:n pidemmän aikavälin strategia vuodelle 2050 (80–95 prosentin päästövähennystavoite) edellyttää kuitenkin siirtymistä vähitellen perusskenaariota kunnianhimoiselle kehityspolulle. Mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että energiatehokkuustavoitteet tulevat kiristymään entisestään [5]

Rakentamisen perusskenaariossa lämmitysenergian kulutus on vuonna 2020 samaa tasoa kuin vuonna 2012 sekä vuonna 2030 hieman pienempi (0,5 prosenttia). Tarkennetussa perusskenaariossa asuin- ja palvelurakennusten lämmitysenergian kulutus laskee vuodesta 2012 vuoteen 2020 mennessä noin 9 prosenttia (6,5 TWh:a). Vuonna 2030 lämmitysenergian kulutuksen katsotaan olevan noin 20 prosenttia (15 TWh:a) pienempi kuin vuonna 2012. Tarkennetun perusskenaarion lähtökohtana on suunnitelmallinen kiinteistön käyttö- ja kunnossapito sekä rakennusten energiatehokkuuden parantaminen aina rakennusten korjausten yhteydessä (esim. vaippa, ilmanvaihto, lämminkäyttövesi). Tällöin energiatehokkuustoimenpiteet pystytään toteuttamaan kustannustehokkaammin kuin erikseen toteutettuina. [5]

Korjausrakentamisen yhteydessä tehtävien energiatehokkuustoimenpiteiden kustannuksiksi, ajanjaksolla 2012–2020, arvioidaan 280–440 miljoonaa euroa vuodessa. Energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU) lisävaikutus korjausrakentamisen energiatehokkuuteen on arvioitu perusskenaariossa marginaaliseksi ottaen huomioon korjausrakentamiselle tulossa olevat vaatimukset sekä muu rakentamisen ohjaus. [5]

Päivitetystä strategiassa on huomioitu myös kuluttajat ja kuluttajatoimien ohjaus. Merkittävä osa päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöistä syntyy mm. kuluttamisessa ja rakennuskohtaisessa lämmityksessä. Monissa kulutussektorin toimissa kasvihuonekaasupäästöt toteutuvat päästökauppasektorilla (mm. energian tuotanto), mikä näkyy kulutuksessa sähkössä ja kaukolämmössä. Kotitalouksien tilanteet ja vaikutusmahdollisuudet

kuitenkin vaihtelevat, mutta lähtökohtaisesti keskivertokuluttaja voi henkilökohtaisilla valinnoillaan pienentää omaa hiilijalanjälkeään. [5]

Kuluttajien opastaminen ja ohjaaminen katsotaan tärkeäksi ja siten aiheelliseksi lisätä. Tällä tavoitellaan energian säästöä ja tehokasta käyttöä sekä uusiutuvien energioiden käytön edistämistä. Strategiassa katsotaan tarpeelliseksi kehittää sellaisia työkaluja ja palveluita, mitkä mahdollistavat omien valintojen vaikutuksien vertailun sekä omaan tilanteeseen ja kotitalouteen sopivien räätälöityjen ratkaisujen löytämisen. [5]

Strategiassa on linjattu, että on tarpeellista koota yhteen neuvontaa ja työkaluja sekä parhaita käytäntöjä kulutuksen energia- ja materiaalitehokkuuden parantamiseksi sekä uusiin ratkaisuihin kannustamiseksi. Lisäksi on linjattu, että asumisessa tarvitsee kehittää julkista ohjausta, jonka tavoitteena on kannustaa kuluttajia tekemään valintoja, jotka vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä. [5]

1.3 Energiatehokkuuden edistäminen

Energiatehokkuuden parantaminen on todettu kansainvälisissä arvioissa vaikuttavimmaksi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinoksi. Energiatehokkuuden edistämisen keskeisenä tavoitteena on luonnonvarojen säästäminen ja kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokas vähentäminen. Ilmaston- ja ympäristönsuojelun lisäksi energiankäytön tehostamisella parannetaan huoltovarmuutta, alennetaan energiakustannuksia sekä vähennetään energiantuotannossa syntyviä muita päästöjä. [5]

Erityisesti rakennetun ympäristön energiatehokkuuden edistäminen on ratkaisevan tärkeässä osassa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Suomessa kiinteistöjen ja rakennusten osuus kokonaisenergian loppukulutuksesta on noin 40 prosenttia ja ilmastomuutokseen vaikuttavista päästöistä noin 35 prosenttia syntyy rakennetusta ympäristöstä. Rakennusten ja rakentamisen energiakulutus aiheuttaa siis yli kolmanneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. [1]

Energiatehokkuuden edistäminen ja siinä tarvittavat toimenpiteet ovat yhä enenevässä määrin lähtöisin EU:n yhteisen energia- ja ilmastopolitiikan asettamista tavoitteista, joiden toimeenpano on jäsenmaiden kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan vastuulla. Energiatehokkuutta pyritään edistämään mm. Euroopan parlamentissa ja neuvostossa annettujen direktiivien nojalla sekä kansallisen lainsäädännön ja kansainvälisten standardien myötä. Tämä ilmenee rakentamisessa määräyksinä ja ohjeina, mitä laaditaan sekä uudistetaan jatkuvasti kiristyvien energiatehokkuusvaatimusten myötä.

Esimerkiksi tuotteiden energiatehokkuutta edistetään EU:n asettamilla tuotteiden valmistusta koskevilla vaatimuksilla. Kotitalouksien sähkönkäyttö kasvaa Suomessa samassa suhteessa asumistason nousun kanssa, mikä tarkoittaa käytännössä myös varusteiden ja laitteiden lisääntymistä entisestään. Asumisen energiatehokkuuden edistämisessä korostuu mm. kuluttajien ohjaaminen ja opastaminen energiatehokkaiden tuotteiden käyttöön. Kotitalouksien sähkönkulutuksen suurimmat tuoteryhmät Suomessa ovat valaistus, kylmälaitteet ja kodin elektroniikka. [11]

Tuotteiden valmistusta koskevien vaatimusten arvioidaan säästävän sähköä EU:ssa vuonna 2020 noin 1116 TWh:a, mikä tarkoittaa käytännössä noin 5 prosenttia ensisijaisesta energiankulutuksesta. Tämä käsittää neljäsosan EU:n asettamasta 20 prosentin energiatehokkuustavoitteesta vuoteen 2020 mennessä. Tuotteiden energiatehokkuuden

edistäminen on erittäin merkittävässä osassa rakentamisen energiatehokkuuden edistämisen ohella, pyrittäessä EU:n tavoitteisiin. [12]

Suomi on useissa energiansäästötoimissa sekä energiankäytön tehokkuudessa kansainvälisesti johtavia maita, mikä on saavutettu mm. kustannustehokkailla ratkaisuilla ja vapaaehtoisuuteen perustuvalla energiatehokkuussopimusjärjestelmällä. Hyviä esimerkkejä tuloksellisesta energiansäästöstä Suomessa ovat sähkön ja lämmön yhteistuotanto, vapaaehtoisten energiatehokkuussopimusten kattavuus sekä energiakatselmusten järjestelmällinen toteuttaminen. [3]

1.3.1 EU-direktiivit

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivit ovat kansallisesti velvoittavia lainsäädäntöohjeita, jotka tulee asettaa voimaan kansallisessa lainsäädännössä niin, että EU-tason vaatimukset täytetään. Direktiiveillä pyritään edistämään mm. laitteiden ja rakennusten energiatehokkuutta sekä energiapalveluja. Rakentamisen energiatehokkuuden edistämisen kannalta keskeisiä direktiivit ovat: [9]

- Ecodesign-direktiivi [2009/125/EY](#)
- Energiamerkintädirektiivi [2010/30/EU](#)
- Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi [2010/31/EU](#)
- Energiatehokkuusdirektiivi [2012/27/EU](#)

Ecodesign- ja energiamerkintädirektiivistä, niiden täytäntöönpanotoimenpiteistä sekä tuoteryhmäkohtaisista asetuksista löytyy kattavasti lisätietoa www.ekosuunnittelu.info sivustolta, joka on virallinen tiedotuskanava säädösten asettamista vaatimuksista. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) toimii Suomen markkinavalvontaviranomaisena Ecodesign-direktiivin osalta.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2010/31/EU korvasi aiemmin annetun rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2002/91/EY.

Energiatehokkuusdirektiivi 2012/27/EU korvasi voimaan tullessaan aiemmin annetun energiapalveludirektiivin 2006/32/EY (energian loppukäytön tehokkuutta ja energiapalveluita koskeva direktiivi) ja ns. CHP-direktiivin 2004/8/EY (sähkön ja lämmön yhteistuotantoa koskeva direktiivi).

1.3.1.1 Ecodesign-direktiivi (2009/125/EY)

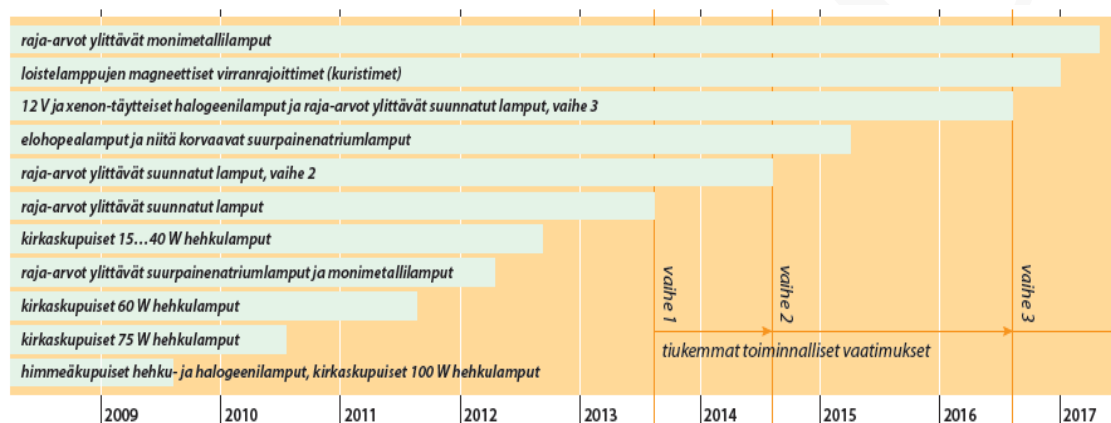
Ecodesign-direktiivi (ekosuunnittelu-direktiivi) määrittelee energiaa käyttävien tuotteiden suunnittelun ja tuotekehityksen ympäristövaatimukset. Direktiivin tavoitteena on vähentää tuotteiden ympäristövaikutuksia sekä erityisesti parantaa energiatehokkuutta. Direktiivillä on tarkoitus edistää kestävästä kehityksestä, parantamalla energiatehokkuutta ja energiahuoltovarmuutta sekä ympäristönsuojelun tasoa. [16]

Ecodesign-direktiivi on puitedirektiivi, jonka nojalla Euroopan komissio antaa tuoteryhmäkohtaisia säädöksiä. Tuoteryhmäkohtaisia vaatimuksia julkaistaan Ekosuunnittelulasetuksilla, jotka tulevat välittömästi voimaan EU:n jäsenmaissa. Jos vaatimuksia julkaistaan direktiivien muodossa, tulee ne erikseen toimeenpanna kansallisessa lainsäädännössä. [12]

Tuoteryhmäkohtaisia vaatimuksia annetaan sillä edellytyksellä, että tuotetta myydään EU:n alueella vähintään 200 000 kappaletta vuodessa, tuotteella on huomattavat ympäristövaikutukset sekä lisäksi tuotteeseen on liityttävä merkittäviä ympäristövaikutusten kustannustehokkaita parannusmahdollisuuksia. Tuoteryhmäkohtaisia vaatimuksia on annettu mm. sähkömoottoreille, kiertovesi- ja vesipumpuille, valaistukselle, LVIS-talotekniikan tuotteille sekä kotitaloustuotteille. [12]

Ecodesign-direktiivin mukaisista ohjaustoimista ja täytäntöönpanotoimenpiteistä tunnetuin ja ajankohtaisin on valaistuksen energiatehokkuuden edistäminen ja parantaminen. Käytännössä tämä on johtanut sekä johtaa edelleen vaiheittain suoritettavaan hehku- ja halogeenilamppujen sekä tiettyjen loiste- ja purkauslampputyypin poistumiseen markkinoilta kuvan 1 mukaisesti. Hehkulamput poistuivat markkinoilta ensimmäisten joukossa (kuva 1). [13]

Myös loistelamppujen magneettiset virranrajoittimet (kuristimet) poistuvat markkinoilta vuoden 2018 mennessä (kuva 1). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki loistelamppuvalaisimet tulee varustaa vuoden 2017 jälkeen elektronisilla liitäntälaitteilla.



Kuva 1. Ecodesign-direktiivin ohjaustoimien vaikutus eri lamputyyppien poistumiseen markkinoilta. [110]

Uusin valaistusta koskeva täytäntöönpanotoimenpide on valaisimiin liitettävä energiamerkki, joka auttaa valitsemaan sellaisen valaisimen, jossa voi käyttää vähän energiaa kuluttavia lamppeja. Maaliskuusta 2013 lähtien, markkinoille saatetuissa valaisimissa on pitänyt olla energiamerkki sekä lisäksi lampputyypin ja valaisimien markkinoinnissa pitää nykyisin mainita tuotteen energialuokka. [14]

Valaisimen energiamerkki kuvaa sitä, mihin energialuokkiin kuuluvia lamppeja siinä voi käyttää. Valaisimessa pitäisi voida nykyisin käyttää A-A⁺⁺-energialuokan lamppeja, jotta energiankulutus olisi mahdollisimman vähäinen. Tällä hetkellä tehokkaimmat markkinoilla olevat LED-lamput ylittävät A⁺ luokkaan ja energiansäästölamput A-luokkaan. Lampputyypin energiamerkki uudistui syyskuussa 2013. [14]

1.3.1.2 Energiamerkintädirektiivi (2010/30/EU)

Energiamerkintädirektiivi on puitedirektiivi, jonka nojalla annetaan tuoteryhmäkohtaisia täytäntöönpanotoimenpiteitä. Sääöksillä määritellään tuoteryhmäkohtaisesti, energiamerkinnän ulkonäkö, sisältö sekä energialuokkien laskentaperusteet. Energiamerkinnän tarkoituksena on antaa vertailukelpoista tietoa tuotteen energiakulutuksesta ja täten vaikuttaa loppukäyttäjien valintoihin niin, että he valitsisivat energiatehokkaampia tuotteita. [17]

Energiamerkintädirektiivi (vuonna 2010 uusittu) on ensimmäisiä EU:n säädöksiä, joihin sisältyy säädösvallan delegointi Euroopan komissiolle. Komissio antaa direktiivin tuoterhyhmäkohtaiset säädökset delegoituina asetuksina, mikä tarkoittaa sitä, että ne ovat voimassa sellaisenaan Suomessa. [15]

Energiamerkki osoittaa tuotteen käytönaikaista energiakulutusta asteikolla A–G, mutta jossain tapauksissa on käytössä myös A–luokkaa paremmat luokat A⁺, A⁺⁺ ja A⁺⁺⁺. Energiamerkintädirektiivi uusittiin vuonna 2010, jolloin sen soveltamisala laajeni kotitalouslaitteista, koskemaan myös energiaan liittyviä tuotteita. [15]

Tuotteelle asetetut vaatimukset täytetään, mikäli se on varustettu asetuksen mukaisella energiamerkillä ja merkinnässä ilmoitettu energiatehokkuusluokka vastaa todellisuutta sekä se on kiinnitetty vaatimusten mukaisesti. Energiamerkinnän piirissä on tällä hetkellä 9 tuoterhyhmää, kuten esimerkiksi lamput, ilmastointilaitteet ja erilaiset kotitalouslaitteet. [17]

1.3.1.3 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2010/31/EU)

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU tarkoituksena on edistää rakennusten ja rakennusten osien energiatehokkuuden parantamista EU:ssa. Energiatehokkuuden parantamisessa tulee ottaa huomioon ulkoiset ilmasto-olosuhteet, paikalliset olosuhteet sekä sisäilmastolle asetetut vaatimukset ja kustannustehokkuus. Direktiivissä on annettu EU:n jäsenvaltioille vaatimuksia liittyen: [4, 18]

- rakennusten energiatehokkuuden laskentamenetelmiin
- energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten vahvistamiseen
- taloudellisten kannustimien ja markkinaesteiden laatimiseen
- energiatodistuksiin

Direktiiviin yksi keskeisimmistä ja ajankohtaisimmista rakentamiselle asetetuista tavoitteista koskee *lähes nollaenergiarakennuksia*. Direktiivissä ei ole kuitenkaan linjattu tarkkaa määritelmää, lukuarvoa tai vähimmäisvaatimusta lähes nollaenergiarakennuksen energiankulutukselle. Määritelmät tulee tehdä kansallisella tasolla sekä EU:n jäsenvaltioiden tulee lisäksi varmistaa, että: [4]

- vuodesta 2021 alkaen, kaikkien uusien rakennuksien tulee olla *lähes nollaenergiarakennuksia*
- vuodesta 2019 alkaen, kaikkien uusien rakennuksien, jotka ovat viranomaisten käytössä ja/tai omistuksessa, tulee vastata samoja vaatimuksia

Direktiivillä pyritään myös voimakkaasti edistämään älykkäitä mittausjärjestelmiä siten, että niitä asennettaisiin kaikkiin uusiin rakennuksiin sekä kaikkiin rakennuksiin, joihin tehdään laajamittaisia korjauksia. Älykkäistä mittausjärjestelmistä sekä kulutuksenmittauksesta ja laskutuksesta, on säädetty energiatehokkuusdirektiivissä 2012/27/EU, jossa on annettu tarkemmat linjaukset aiheeseen liittyen. [4]

Suomen lainsäädännössä direktiivin vaatimuksia on saatettu voimaan energiatodistusta koskevilta osin. Muilta osin säännöksiä on annettu maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä sen nojalla annetuissa ympäristöministeriön asetuksissa, jotka ovat julkaistu Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Direktiivin toimeenpanon myötä Suomen rakentamismääräyskokoelma uudistui heinäkuussa 2012 ja energiatodistusta koskevat säädökset tulivat voimaan kesäkuussa 2013. [4, 19]

1.3.1.4 Energiatehokkuusdirektiivi (2012/27/EU)

Energiatehokkuusdirektiivi annettiin varmistamaan, että EU:n energia- ja ilmastopolitiikan vuodelle 2020 asettama tavoite parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla saavutetaan. Direktiivin tarkoituksena on lisäksi varmistaa, että energiatehokkuuden lisäparannuksia valmistellaan vielä vuoden 2020 jälkeenkin. [20]

Direktiivillä vahvistetaan yhteistä kehystä energiatehokkuuden edistämistä koskeville toimenpiteille EU:ssa. Toimenpidevaatimuksia on annettu mm. seuraaviin aihealueisiin liittyen: [21]

- energiatehokkuustavoitteet
- rakennusten peruskorjaukset
- energiakatselmukset ja energianhallintajärjestelmät
- energiankulutuksen mittaaminen ja laskutustiedot
- älykkäät mittarit
- kuluttajien tiedottaminen ja vaikutusmahdollisuudet

Direktiivissä vaaditaan EU:n jäsenmaita asettamaan ohjeellinen kansallinen energiatehokkuustavoite vuodelle 2020, mikä on pitänyt ilmoittaa Euroopan komissiolle määräaikaan 30.4.2013 mennessä. Suomen energiatehokkuustavoitteeksi ilmoitettiin päivitetyn kansallisen energia- ja ilmastostrategian (2013) mukainen tavoite (loppuenergiankulutus 310 TWh). [20]

Energiankulutuksen mittaamiseen liittyen direktiivissä vaaditaan asentamaan käyttäjäkohtaiset kulutusmittarit, mikäli se on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista. Mittarit on asennettava aina uusiin rakennuksiin sekä rakennuksiin, joihin tehdään laajamittaisia korjauksia. Lisäksi mittarit on asennettava aina, jos vanha mittari korvataan, mikäli se voidaan tehdä kustannustehokkaasti. [20]

Älykkäisiin mittareihin liittyen vaaditaan, että mittausjärjestelmien tulee antaa tiedot kulutuksen todellisesta ajoittumisesta. Lisäksi tiedonsiirron tulee olla turvallista, tiedot on annettava asiakkaan pyynnöstä kolmansille osapuolille sekä asiakkaille on annettava asianmukaista neuvontaa mittareita asennettaessa. [20]

Rakennuksen lämmönvaihtimeen tai toimituspisteeseen vaaditaan asentamaan lämpöenergia- tai kuumavesimittari, mikäli rakennus saa kaukolämpöverkon tai monille rakennuksille yhteisen keskitetyn lähteen kautta lämpöä, jäähdytystä tai kuumaa vettä. Lisäksi veloitetaan asentamaan käyttäjäkohtaiset kulutusmittarit tai lämmityskustannusten jakolaitteet, mikäli ne ovat kustannustehokkaita ja teknisesti mahdollisia. [20]

Työ- ja elinkeinoministeriö asetti marraskuussa 2012 työryhmän valmistelemaan energiatehokkuusdirektiivin kansallista täytäntöönpanoa sekä sen edellyttämää kansallista lainsäädäntöä. Edellä mainittuja sekä muita direktiivin asettamia vaatimuksia on käsitelty yksityiskohtaisemmin EDD-työryhmän loppuraportissa (*kappale 1.3.3 Säädökset ja määräykset, Energiatehokkuuslaki*).

1.3.2 Valtioneuvoston periaatepäätökset

Valtioneuvoston energiatehokkuuteen liittyvillä periaatepäätöksillä annetaan valtionhallinnolle ohjeita ja suuntaviivoja asioiden valmisteluille, jotka ovat lähinnä poliittisia kannanottoja. Luonteeltaan ne ovat valmistelevia päätöksiä, joten niistä voidaan myös tulkita, mitä kansallisella tasolla tapahtuu nyt ja tulevaisuudessa energiatehokkuuden edistämiseksi. [22]

1.3.2.1 Energiatehokkuustoimenpiteet

Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä (4.2.2010) sisältää päätökset jaksolla 2010–2020 toteutettavista energiansäästöä ja energiatehokkuutta koskevista toimenpiteistä. Periaatepäätöksen keskeisenä tavoitteena on EU:n energiatehokkuustavoitteisiin pyrkiminen. [9]

Toimenpiteitä on pääosin käynnistetty vuoden 2011 loppuun mennessä, mutta periaatepäätös on voimassa vielä nykyiselläkin hallituskaudella. Periaatepäätöksessä on linjattu mm. seuraavia toimenpiteitä energiatehokkuuden edistämiseksi: [9]

- uudisrakentamisen energiamääräyksiä tiukennetaan vaiheittain (toteutettu mm. rakentamismääräysinä, YM)
- asuntokohtaisten vesimittareiden asentamisesta uusiin rakennuksiin ohjataan säädöksiin (toimeenpantu lainsäädännössä, YM)
- kotitalouslaitteiden energiatehokkuusvaatimuksia koskevat säädökset toimeenpannaan lainsäädäntöön, joka varmistetaan riittävällä tiedotuksella (TEM)

[Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä \(4.2.2010\)](#)

1.3.2.2 Kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen edistäminen julkisissa hankinnoissa

Valtioneuvoston periaatepäätös, kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen edistämisestä julkisissa hankinnoissa, sisältää julkisia hankintoja koskevat toimenpiteet (ns. cleantech-ratkaisut). Periaatepäätös hyväksyttiin kesäkuussa 2013, jolloin se korvasi kestävien valintojen edistämisestä julkisissa hankinnoissa annetun valtioneuvoston periaatepäätöksen (8.4.2009). [23]

Periaatepäätöksen keskeisenä tavoitteena on vähentää energiankäyttöä, materiaalien käyttöä ja haitallisia ympäristövaikutuksia tuotteen, palvelun tai rakennuksen koko elinkaaren aikana. Lisäksi periaatepäätöksellä pyritään luomaan kannusteita uusien cleantech-ratkaisujen syntyyn ja käyttöönottoon. [23]

Cleantech-ratkaisulla tarkoitetaan sellaisia tuotteita, palveluita, prosesseja ja järjestelmiä, jotka edistävät luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä pienentävät haitallisia ympäristövaikutuksia. Cleantech-ratkaisut sisältävät mm. energia- ja materiaalitehokkuutta parantavia ja prosesseja tehostavia ratkaisuja sekä ympäristöä vähemmän kuormittavia ratkaisuja ja palveluita ja niihin liittyviä mittaus- ja monitorointiratkaisuja. [23]

Periaatepäätös koskee julkista sektoria, jonka tulee edistää cleantech-ratkaisuja erityisesti mm. rakentamisessa ja energiasektorilla. Tavoitteiden saavuttamiseksi ja mahdollisimman suuren vaikuttavuuden varmistamiseksi katsotaan tärkeäksi, että valtio- sekä kuntasektori toteuttavat periaatepäätöksen tavoitteita ja periaatteita. [23]

Valtion hankintayksiköiden tulee noudattaa kaikissa julkisissa hankinnoissa mm. seuraavia rakentamista koskevia tavoitteita: [23]

- uudisrakentamisessa tavoitteena on vuodesta 2017 alkaen, *lähes nollaenergiarakennukset*
- vuokraamisessa tavoitteena on vähintään energialuokka D
- uudistavassa korjausrakentamisessa tavoitteena on energiakulutuksen vähentäminen 15 prosentilla, korjausrakentamista koskevan asetuksen (4/2013) määrittämästä energiankulutuksen vaatimuksesta
- uudis- sekä korjausrakentamisessa varaudutaan sähköautojen latauspisteiden järjestämiseen ja rakennuskohtaiseen energiamittaukseen
- kiinteistön käyttö- ja kunnossapitopalveluiden hankinnassa huomioidaan palveluntarjoajan energiatehokkuusosaaminen
- huolehditaan taloteknisten järjestelmien oikeasta toiminnasta
- siirrytään energiatehokkaisiin ja vähän kuluttaviin valaistusjärjestelmiin sisä- ja ulkovalaistuksessa
- energiaan liittyvien tuotteiden hankinnassa kokonaisvertailuperusteina käytetään ympäristömerkkien saamisen kriteereitä tai hankitaan energiamerkinnän parhaisiin luokkiin kuuluvia tuotteita
- periaatepäätöksessä valtioneuvosto suosittelee, että kaikki muut julkiset hankintayksiköt noudattavat edellä mainittuja periaatteita ja tavoitteita.

[Valtioneuvoston periaatepäätös kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen edistämisestä julkisissa hankinnoissa](#)

1.3.3 Säädökset ja määräykset

Suomen lainsäädännössä on saatettu voimaan useita säädöksiä ja asetuksia, jotka koskevat uudisrakentamisen, korjausrakentamisen ja muutostöiden energiatehokkuutta, energiatodistuksia sekä tuotteiden ekologista suunnittelua ja energiamerkintää. Säädöksillä toimeenpannaan EU-direktiivien asettamia vaatimuksia sekä edistetään samalla Suomen omia tavoitteita energiatehokkuuden parantamiseksi.

Rakentamisen ja rakennusten energiatehokkuutta koskevan lainsäädännön tavoitteena on EU:n asettamien tavoitteiden varmistaminen sekä energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian käytön edistäminen, rakennusten energiakulutuksen pienentäminen ja kasvi-huonekaasupäästöjen kustannustehokas vähentäminen.

Rakentamisen ja rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä säädöksiä ja määräyksiä annetaan maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä sen nojalla annettavissa ympäristöministeriön asetuksissa, jotka on julkaista Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Säädökset ja määräykset koskevat sekä uudis- että korjausrakentamista, jonka lisäksi korjausrakentamiseen liittyen on annettu myös oma ympäristöministeriön asetus korjaus- ja muutostöistä. [19]

Energiatehokkaita ratkaisuja suunniteltaessa tulee huomioida myös sähköturvallisuuslain määräykset, jotka keskittyvät sähköturvallisuuteen. Esimerkiksi sähkölaitteistojen olennaiset turvallisuusvaatimukset on esitetty kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähkölaitteistojen turvallisuudesta (1193/1999). [24]

Aikaisemmin voimassa ollut laki rakennuksen ilmastointijärjestelmän kylmälaitteiden energiatehokkuuden tarkastamisesta (489/2007) kumottiin kesäkuussa 2013. [19]

1.3.3.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään rakentamista koskevat yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset sekä rakentamisen lupamenettelyt ja viranomaisvalvonta. Laki koskee alueiden käyttöä ja rakentamista, missä tavoitteena on luoda terveellinen, turvallinen ja viihtyisä elinympäristö. Rakentamisen ja rakennusten käytön energiatehokkuuteen liittyviä säädöksiä annetaan: [19]

- [Maankäyttö- ja rakennuslaissa \(132/1999\)](#)
- [Maankäyttö- ja rakennusasetuksessa \(895/1999\)](#)

Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä -asetus sisältävät säädöksiä mm. rakentamiselle asetettavista yleisistä vaatimuksista, käyttö- ja kunnossapitovelvollisuuksista ja rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen laatimisesta. [19]

1.3.3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Energiatehokasta rakentamista koskevat Ympäristöministeriön asetuksina annetut määräykset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Rakentamista koskevat määräykset ovat velvoittavia, mutta ministeriön antamat ohjeet sen sijaan eivät ole velvoittavia. [25]

Rakentamismääräyskokoelman määräykset asettavat rakentamisen energiatehokkuudelle vähimmäisvaatimukset, jotka koskevat pääsääntöisesti uudisrakentamista. Korjaus- ja muutostyössä niitä sovelletaan vain niiltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät (ellei määräyksissä nimenomaisesti ole toisin määrätty). [25]

Rakentamismääräykset ovat tärkeimpiä vaatimuksia, jotka ohjaavat uudisrakentamisen energiatehokkuutta Suomessa. Energiatehokkaan rakennuksen voi toteuttaa monin eri tavoin, huolellisen suunnittelun ja rakentamisen avulla sekä noudattamalla määräyksiä. Keskeisimmät rakennusten energiatehokkuutta koskevat rakentamismääräyskokoelman osat ovat: [25, 26]

A Yleinen osa

- A1 Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus
- A2 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat
- A4 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje

C Eristykset

- C2 Kosteus
- C4 Lämmöneristys

D LVI ja energiatalous

- D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot
- D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto
- D3 Rakennusten energiatehokkuus
- D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta

Rakentamismääräyskokoelman keskeisimmät energiatehokkuuden määräykset ja ohjeet, jotka koskevat mm. sähkönkäyttöä, sähkösuunnittelua tai sähkölaitteita ja -järjestelmiä, on koottu kokoelman osiin A1, A2, A4, D2, D3 ja D5. [26]

Osassa A1 (Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus) on asetettu vaatimuksia rakennuttajalle, jonka on mm. huolehdittava rakentamisen olennaisten teknisten vaatimusten täyttymisestä sekä järjestettävä ammattitaitoinen työnjohto huolehtimaan rakennustyön valvonnasta ja rakennushankkeen laadunvarmistuksesta. [26]

Osassa A2 (Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat) on asetettu vaatimuksia sekä ohjeita rakennuttajalle, jonka on mm. palkattava riittävän pätevät suunnittelijat laatimaan yhteistyössä sisäilmaston, energiatehokkuuden ja elinkaarinäkökulman vaatimukset täyttävät suunnitelmat. Suunnitelmien tulee sisältää mm. energia- ja tehontarvelaskelmat, jotka esitetään energiaselvityksessä. [26]

Osassa A4 (Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeet) on asetettu vaatimuksia sekä ohjeita suunnittelijoille ja työnjohdolle, joiden tulee mm. aloittaa rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen laatiminen jo rakennushankkeen alkuvaiheessa. Käyttö- ja huolto-ohjeeseen tulee kerätä hyvän energiatehokkuuden ja sisäilmaston edellyttämät hoito-, huolto- ja kunnossapitotehtävät. Ohjeissa tulee esittää myös lämmön- ja sähkönkulutuksen tavoittearvot, sillä energiatehokkuuden kannalta on tärkeää seurata lämmön, sähkön ja veden kulutusta. [26]

Osassa D1 (Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot) on asetettu vaatimukset mm. huoneistokohtaiselle vedenmittaukselle. Kiinteistöön, jossa on useampi kuin yksi huoneisto, tulee asentaa päävesimittarin lisäksi huoneistokohtaiset vesimittarit. Mittarit asennetaan tulevan kylmän ja lämpimän käyttöveden mittaamiseen siten, että mittareiden osoittama vedenkulutusta on mahdollisuus käyttää laskutuksen perusteena. [26]

Osassa D2 (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto) painotetaan, että rakennusten energiatehokkuus tulee saavuttaa ilman, että sisäilman laatua heikennetään. Sisäilmastoon liittyvissä vaatimuksissa ja ohjeissa painottuvat mm. lämpöolot, ilmanlaatu ja valaistusolosuhteet. D2 asettaa vähimmäisvaatimukset erityisesti rakennusten ilmanvaihdolle. [26, 62]

Osassa D3 (Rakennusten energiatehokkuus) on asetettu vaatimukset ja ohjeet rakennusten energiatehokkuudelle, energianlaskennan lähtötiedoille ja laskentasaännöille sekä määräystenmukaisuuden osoittamiselle. Keskeisin vaatimus on asetettu rakennuksen kokonaisenergiakulutukselle, jota kuvataan E-luvulla. Rakennusten energiatehokkuuden määräykset ja ohjeet on selvitetty tarkemmin tämän oppaan *Rakennusten energiatehokkuus* osassa. [26, 63]

Osassa D5 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta) on esitetty laskentaohjeet rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle eli E-luvulle. Laskentaohjeita on käsitelty tarkemmin tämän oppaan *Rakennusten energiatehokkuus* osassa. [26]

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU toimeenpanon myötä, rakentamismääräykset uudistuivat energiatehokkuutta koskevilta osin heinäkuussa 2012. Kokoelman määräyksistä uusittiin D2, D3 ja D5. Uudistuneiden määräysten myötä uudisrakentamisessa siirryttiin kokonaisenergiatarkasteluun, jossa sähkönkulutuksen painoarvo on muita energiamuotoja suurempi. Uudistuneet rakentamismääräykset parantavat

rakennusten energiatehokkuutta keskimäärin 20 prosenttia verrattuna aikaisempaan tasoon. [26]

Rakentamismääräyksiä uudistetaan myös jatkossa, minkä tarkoituksena on edistää rakentamisen energiatehokkuutta entisestään tiukentuvien energiatehokkuustavoitteiden myötä. Suomen rakentamismääräyskokoelman nykyiset sekä uudistumassa olevat osat on koottu ympäristöministeriön kotisivuille (oheiset linkit):

- [Suomen rakentamismääräyskokoelma](#)
- [Suomen rakentamismääräyskokoelman osat, jotka ovat uudistumassa](#)

1.3.3.3 Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräykset

Korjausrakentamisen energiatehokkuutta koskevia säädöksiä annetaan ympäristöministeriön asetuksessa *4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä*. Helmikuussa 2013 annetun asetuksen tarkoituksena on viimeistellä nk. korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräyksiä koskeva uudistus. [29]

Asetuksella on määritelty energiatehokkuudelle vähimmäisvaatimukset, kun kyseessä on rakennuksen luvanvaraisesta korjaamisesta, käyttötarkoituksen muuttamisesta tai teknisten järjestelmien uusimisesta. Korjausrakentamiseen ryhtyminen säilynee vapaaehtoisena ja kiinteistön omistaja päättää, milloin ja missä laajuudessa kiinteistöä korjataan sekä mitkä ovat parhaat keinot parantaa energiatehokkuutta säädösten puitteissa. [29]

Asetus tuli voimaan viranomaisten käytössä olevien rakennusten osalta kesäkuussa 2013 ja muiden rakennusten osalta syyskuussa 2013. Asetus on osa EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanoa, jolla edistetään samalla Suomen omia tavoitteita energiatehokkuuden parantamiseksi. [29]

[Ympäristöministeriön asetus energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä](#) löytyy rakentamismääräyskokoelman osasta D.

1.3.3.4 Energiatodistukset

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) energiatodistusta koskevat vaatimukset, saatettiin voimaan Suomen lainsäädäntöön, lailla rakennuksen energiatodistuksesta. Laki rakennuksen energiatodistuksesta sekä muut energiatodistusta koskevat säädökset, tulivat voimaan 1.6.2013, jolloin ne korvasivat aiemmin vuodesta 2008 asti voimassa olleet säädökset (suora linkki lakiin): [19]

- Laki rakennuksen energiatodistuksesta ([50/2013](#))
- Valtioneuvoston, asetus rakennuksen energiatodistuksen laatijan pätevyydestä ja kevennetyn energiatodistus menettelyn edellytyksistä ([170/2013](#))
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta ([176/2013](#))

Rakennuksen energiatodistuksesta säädetään sen laatimisesta, hankkimisesta, käyttämisestä ja näiden valvonnasta sekä säännösten rikkomisesta aiheutuvista seuraamuksista. Laissa on säädetty mm. ennen 1.6.2013 rakennettujen ja käyttöönotettujen rakennusten energiatodistuksien hankinnasta ja käyttöönotosta sekä niiden siirtymäsäännöistä. [30]

Kesäkuusta 2013 lähtien, energiatodistus on vaadittu esitettävän myynnin tai vuokrauksen yhteydessä: [30, 31]

- asuinkerrostaloille
- pientaloille, jotka on käyttöön otettu vuonna 1980 tai sen jälkeen
- pientaloille, jotka käsittävät enintään kaksi asuinhuoneistoa ja on rakennettu sekä käyttöön otettu ennen vuotta 1980, 1.7.2017 alkaen
- kolme tai useampia asuinhuoneistoja käsittävälle asuinrivitaloille ja asuinrakennusryhmille sekä toimisto- ja liikerakennuksille 1.7.2014 alkaen
- hoitoalan rakennuksille sekä kokoontumis- ja opetusrakennuksille 1.7.2015 alkaen

Ympäristöministeriön asetuksella rakennuksen energiatodistuksesta annetaan tarkemmat säännökset energiamäärien määrittämisestä, luokitteluasteikoista ja energiatehokkuusluokkien tunnuksista sekä rakennuksen ominaisuuksien selvittämisestä. [19]

1.3.3.5 Ekosuunnittelu ja energiamerkintä

Tuotteiden ekologista suunnittelua ja energiamerkintää koskevat säädökset ja asetukset, ovat keskeisessä asemassa energiatehokkuuden edistämisessä, sillä pelkästään tuotteilla arvioidaan saavutettavan neljäsosa energiatehokkuuden 20 prosentin tavoitteista EU:ssa. [12]

Energiamerkintään liittyen yksi keskeinen muutos tuli voimaan 29.7.2011, josta lähtien energiamerkinnän piiriin kuuluvien tuotteiden mainonnassa on pitänyt hinta- ja energiatietojen yhteydessä ilmoittaa tuotteen energiatehokkuusluokka. Energiaan liittyvien tuotteiden ekologista suunnittelua ja energiamerkintää koskevat säädökset ja asetukset on annettu: [33]

- [Ekosuunnittelulaki \(1005/2008\)](#)
- [Ekosuunnitteluasetus \(1043/2010\)](#)

Ekosuunnittelulaki (1005/2008) on kansallinen puitelaki, jolla on saatettu voimaan eco-design- ja energiamerkintädirektiivi Suomen lainsäädäntöön. Ekosuunnittelulaki tuli voimaan vuoden 2009 alussa, mutta lakia muutettiin 1.12.2010 alkaen vastaamaan uudistettujen codesign–direktiivin ja energiamerkintädirektiivin sisältöä. Ekosuunnittelulain säännökset koskevat vain niitä tuoteryhmiä, joille EU on antanut tuoteryhmäkohtaiset säädökset, codesign–direktiivin tai energiamerkintädirektiivin nojalla. Laki sisältää ekologisensuunnittelun ja energiamerkinnän säännösten lisäksi, niihin liittyvää tarkastustoimintaa ja valvontaa koskevat säännökset sekä rangaistussäännökset. [12, 33]

Ekosuunnitteluasetus (1043/2010) annettiin EU–direktiivien myötä kokonaan uudelleen, minkä johdosta soveltamisalaa laajennettiin energiaa käyttäviä tuotteita koskemaan myös tuotteita, jotka liittyvät energiaan jollain tapaa. Tuotteita koskevat ekosuunnitteluasetukset annetaan tuoteryhmäkohtaisesti, joista talotekniikan kannalta keskeiset tuoteryhmät ovat: [12, 33]

- [LVIS–Talotekniikka](#)
- [Moottorit ja pumput](#)
- [Valaistus](#)

Esimerkiksi LVIS–talotekniikkaa koskevia laitetyyppikohtaisia ekosuunnitteluasetuksia on tällä hetkellä annettu huoneilmastointilaitteille ja -tuulettimille, puhaltimille, tilalämmittimille, yhdistelmälämmittimille, vedenlämmittimille sekä kuumavesisäiliöille. LVIS–talotekniikan piiriin kuuluu lisäksi laaja joukko tuotteita, joille tullaan asettamaan tulevaisuudessa ekosuunnitteluvaatimuksia kasvavissa määrin. Valmisteilla olevia asetuksia ovat mm. lämmityskattiloille, ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmille, eristeille, ikkunoille sekä keskuslämmitys- ja jäähdytyslaitteille kohdistuvat ekosuunnitteluasetukset.

LVIS–talotekniikan sekä moottorien ja pumppujen tuoteryhmiin kuuluvista laitetyyppikohtaisista ekosuunnitteluasetuksista muutamia keskeisiä ovat: [34]

- [Ekosuunnitteluasetus sähkömoottoreille 640/2009](#)
- [Ekosuunnitteluasetus kiertovesipumpuille 641/2009](#)
- [Ekosuunnitteluasetus kiertovesipumpuille 622/2012](#)
- [Ekosuunnitteluasetus vesipumpuille 547/2012](#)
- [Ekosuunnitteluasetus puhaltimille 327/2011](#)

Sähkömoottoreita koskevassa ekosuunnitteluasetuksessa annetaan teholuokaltaan 0,75–375 kW sähkömoottoreita koskevat energiatehokkuusvaatimukset, jossa mm. edellytetään esimerkiksi tiettytyyppisten moottoreiden varustamista taajuusmuuttajilla sekä annetaan moottorien hyötysuhteiden vähimmäisvaatimukset. Sähkömoottorit ovat suurin teollisuuden sähköenergiankuluttaja, missä niitä käytetään erilaisissa tuotantoprosesseissa. Niiden sähköenergiankulutuksen osuus teollisuuden kokonaissähköenergiakulutuksesta on asetuksen mukaan noin 70 prosenttia ja niiden energiankulutusta katsotaan voivan vähentää kustannustehokkaasta 20–30 prosenttia. [35, 36]

Puhaltimia koskevassa ekosuunnitteluasetuksessa annetaan teholuokaltaan 0,125–500 kW puhaltimia koskevat energiatehokkuusvaatimukset. Puhaltimien moottoreita koskevat minihyötysuhdevaatimukset ovat kuitenkin samat, jotka annetaan sähkömoottoreita koskevissa asetuksissa. Asetus koskee myös talotekniikan ilmanvaihtojärjestelmien puhaltimia. Asetuksessa on esitetty, että ottoteholtaan 0,125–500 kW moottoreilla varustettujen puhaltimien kokonaissähkönkulutus on noin 344 TWh:a vuodessa (vuonna 2009) ja kulutuksen katsotaan nousevan 560 TWh:iin vuonna 2020, jos unionin markkinakehitys jatkuu nykyisen kaltaisenä. Asetuksessa esitetään, että puhaltimien energiatehokkuutta on mahdollista parantaa (suunnittelun avulla) kustannustehokkaasti noin 34 TWh:a vuodessa vuonna 2020. Tästä syystä puhaltimet ovat yksi keskeinen ryhmä, jolle on asetettu ekosuunnitteluvaatimuksia. [37]

Kiertovesipumput kuluttavat suuren osan rakennusten lämmitysjärjestelmissä käytetystä energiasta ja ne toimivat jatkuvasti lämmitystarpeesta riippumatta. Tästä syystä kyseiselle tuoteryhmälle on katsottu ensisijaisesti aiheelliseksi asettaa ekosuunnitteluvaatimukset. Kiertovesipumppuja koskevassa ekosuunnitteluasetuksessa (641/2009 ja 622/2012) on esitetty, että niiden käytönaikainen sähköenergiankulutus on merkittävin ympäristönäkökohta koko niiden elinkaaren aikana. Asetuksessa on esitetty, että niiden sähköenergiankulutus oli 50 TWh:a vuonna 2005 ja ilman erityistoimenpiteitä sähkönkulutuksen ennustetaan kasvavan 55 TWh:iin vuonna 2020. [35, 38]

1.3.3.6 Energiatehokkuuslaki (valmisteilla)

Energiatehokkuutta koskevalla säädöksillä tullaan toimeenpanemaan energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU) asettamia vaatimuksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Työ- ja elinkeinoministeriön asettaman työryhmän loppuraportti energiatehokkuusdi-

rektiivin kansallisesta täytäntöönpanosta ja sen edellyttämästä kansallisesta lainsäädännöstä valmistui tammikuussa 2014.

Työryhmän laatiman loppuraportin perusteella saadaan näkemys siitä, mitä uudistuksia on mahdollisesti odotettavissa Suomen lainsäädännössä. Loppuraportin mukaan, Suomen energiatehokkuustoiminta on sellaisenaan laajaa ja hyvää sekä energiatehokkuutta edistetään jatkuvasti. Direktiivin toimeenpanon ei katsota aiheuttavan merkittäviä muutoksia energiatehokkuuden edistämiseen Suomessa. [20]

Raportin mukaan energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanosta Suomessa on kyse nykyisen, muutamia parannuksia saavan energiatehokkuusjärjestelmän kuvaamisesta lainsäädäntöön. Esimerkiksi nykyistä energiatehokkuussopimus- ja katselmustoimintaa ei ole kuvattu lainsäädännössä, joten niiden osalta lakiin kirjataan mm. energiakatselmoijien pätevyysvaatimukset ja Energiavirastolle niiden valtuuttaminen ja valvontavelvollisuus. [20]

Energiatehokkuusdirektiivin edellyttämä kansallinen lainsäädäntö tulee saattaa voimaan viimeistään 5.6.2014. Tämä tarkoittaa käytännössä energiatehokkuuslakia, joka tätä kirjoittaessa (13.2.2014) on vasta valmisteilla, joten sen keskeisimpiä linjauksia ei voida vielä tarkastella. Todelliset lainsäädännölliset uudistukset nähdään vasta kesäkuussa. [20]

[Energiatehokkuusdirektiivin toimeenpano, EED-työryhmän loppuraportti](#)

1.3.4 Standardit ja ohjeet

1.3.4.1 SFS-Standardit

Standardit muodostuvat mm. IEC-, EN ja SFS-standardeista. Maailmanlaajuiset IEC-standardit ovat sekä Eurooppalaisen että kansallisen standardointityön tausta. EN-standardit puolestaan ovat Eurooppalaisia standardeja, joista 85 prosenttia perustuu IEC-standardeihin ja loput on valmisteltu Euroopassa. [39]

EN-standardit voivat olla yhdenmukaistettuja EU-direktiivien mukaan, mikä tarkoittaa sitä, että direktiivin mukaisen kansallisen lainsäädännön vaatimukset täytetään noudattamalla ”yhtenäistettyä” standardia. SFS-standardit ovat suomalaisia, joista noin 95 prosenttia on identtisiä EN-standardien kanssa ja loput puhtaasti kansallisia. [39]

Energiatehokkuuteen liittyviä SFS-Standardeja on julkaistu mm. rakennusten valaistuksen ja rakennusautomaation energiatehokkuudesta, ilmastointijärjestelmien tarkastusohjeista sekä energiajärjestelmien taloudellisuudesta ja energiasäästöjen laskentamenetelmistä. Muutamia keskeisiä rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä standardeja ovat esimerkiksi: [41]

- SFS-EN 15232 (2007) Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusautomaation, säädön ja kiinteistönhoidon vaikutus energiatehokkuuteen (uudistui 2012)
- SFS-EN 15193 (2008) Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus
- SFS-EN 15459 (2008) Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusten energiajärjestelmien taloudellisuuden arviointimenettelyt

- SFS-EN 16212 (2012) Energiatehokkuus ja energiasäästöjen laskentamenetelmät
- Yhteenveto energiatehokkuuden standardeista on koottu SFS:n ” [Rakennusten energiatehokkuuteen – Eurooppalaisia standardeja](#)” -julkaisuun, jonka standardit on julkaistu pääosin vuosina 2007 ja 2008.

Energiatehokkuuden standardisarja (julkaisu) koostuu 43 standardista, jotka on luokiteltu kuuteen eri luokkaan ja sen laajuus on yli 2200 sivua. EU-direktiivien myötä, standardisarjassa olevia standardeja on uusittu sekä myös kokonaan uusiakin on julkaistu. Standardi SFS-EN 15232 mm. uudistui vuonna 2012, joka on vielä tällä hetkellä saatavilla vain englannin kielellä. [41]

Muita keskeisiä standardeja, ovat valaistukseen liittyvät standardit, joiden avulla osoitetaan vaatimustenmukaisuus mm. työpisteiden ja tilojen valaistukselle sisä- ja ulkotiloissa. Esimerkiksi standardi SFS-EN 12464-1 määrittelee valaistusratkaisujen määrälliset ja laadulliset vaatimukset useimmille sisätyöpaikoille ja niihin liittyville alueille sekä valaistuksen energiatehokkuusvaatimukset. Valaistusratkaisuihin sekä valaisimiin liittyviä keskeisiä standardeja ovat: [42]

- SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus (2011)
- EN 12464-2 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 2: Ulkotilojen työkohteiden valaistus
- SFS-EN 60596-1 Valaisimet. Osa 1: Yleiset vaatimukset ja testit
- SFS-EN 60598-1+A11 Valaisimet. Osa 1: Yleiset vaatimukset ja testit (LEDit)

Asuntojen valaistukselle ei ole annettu määrällisiä ja laadullisia vaatimuksia. Standardeja voidaan kuitenkin soveltaa myös kyseisten tilojen valaistusratkaisuihin, kuten keittiöiden työpistevalaistusten määrittämiseen.

Sähkölaitteistojen ja -turvallisuuden vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa keskeisessä asemassa ovat sähköasennus standardit, jotka on koottu SFS-käsikirjoihin: [42]

- SFS-käsikirja 600-1 (2012) Sähköasennukset Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset
- SFS-käsikirja 600-2 (2012) Sähköasennukset Osa 2: Sädökset, sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit
- SFS-käsikirja 600-3 (2012) Sähköasennukset Osa 3: Sähkötyöturvallisuus

Energiatehokkuuteen ja sähköasennuksiin liittyviin SFS-standardeihin voi perehtyä yksityiskohtaisemmin [SFS verkkokaupassa](#).

1.3.4.2 ST-Kortisto

Energiatehokkuuteen sekä sähkönkäyttöön liittyviä ohjeita on julkaistu ST-kortistossa. ST-kortisto on kattava sähköalan ammattilaisten käyttämä tietolähde sähköisten järjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen, joka koostuu ST-korteista, -käsikirjoista, -ohjeistoista, -esimerkeistä ja -raporteista. [40]

ST-kortistossa on julkaistu runsaasti energiatehokkuuteen sekä sähköalaan liittyviä ohjeita. Muutamia keskeisiä julkaisuja energiatehokkaiden ratkaisujen osalta ovat:

- ST 21.32 Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioonottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa (2012)
- ST 98.50 Energiatehokkuusvaatimusten huomioiminen rakennusten sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käytössä ja kunnossapidossa (2010)
- ST 58.04 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen (2013)
- ST 57.52 LED-Valaistusjärjestelmät (2008)

Energiatehokkuuteen ja sähkötekniikkaan liittyvään ST-aineistoon voi perehtyä yksityiskohtaisemmin [Sähköinfo Severin](#) palvelussa.

1.3.5 Energiatodistukset

Energiatodistus on rakennusten energiatehokkuuden vertailuun ja parantamiseen liittyvä työkalu, jota käytetään myynti- ja vuokraustilanteessa. Energiatodistus antaa tärkeää ja luotettavaa tietoa ostopäätöksen tueksi sekä lisäksi ammattilaisten laatimia säästösuosituksia, joiden avulla voidaan parantaa energiatehokkuutta entisestään. Todistuksen laatii aina pätevätyöntekijä, joka on rekisteröity Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) ylläpitämään laatijarekisteriin. [43, 44]

Energiatodistus on ollut Suomessa käytössä jo vuodesta 2008 lähtien kaikessa uudisrakentamisessa, vuodesta 2009 lähtien myös myynti- ja vuokraustilanteissa suurissa rakennuksissa sekä uusissa pientaloissa. Rakennuksen energiatodistusta koskevien lakimuutoksien jälkeen (1.6.2013), energiatodistus tarvitaan tietyin siirtymäajoin myös vanhan pientalon myynnin tai vuokrauksen yhteydessä. [31, 44]

Rakennuksen omistajan on hankittava energiatodistus uudisrakennuksen rakennuslupamenettelyn yhteydessä ja todistus on oltava myös silloin, kun rakennus tai sen osa myydään tai vuokrataan. Energiatodistuksen tarkoituksena on auttaa kuluttajia vertailemaan rakennusten energiatehokkuutta. Tavoitteena on myös nostaa energiatehokkuus yhdeksi rakennusten suunnittelukriteeriksi. Energiatehokkuus esitetään todistuksessa kodinkoneista tutulla luokitusasteikolla A–G, joka antaa yksinkertaisella tavalla kokonaiskuvan rakennuksen energiatehokkuudesta. [31, 43, 44]

Rakennuksen energiatehokkuusluokka (A–G) määräytyy E-luvun perusteella eri rakennustyypeille määriteltujen luokitteluasteikkojen mukaan, mikä on erilainen kerrostaloille, pientaloille sekä muille rakennuksille. Esimerkiksi tällä hetkellä, rakentamismääräysten mukaisesti rakennettavat pientalot, sijoittuvat tyypillisesti luokkaan C. Uudemmillä olemassa olevilla pientaloilla luokat D ja E ovat tavanomaisia sekä vanhemmilla taloilla luokka voi olla välillä E–G. [43, 44]

Rakennuksen energiatehokkuusluokan määrittävä E-luku koostuu rakennuksen laskennallisesta vuotuisesta ostoenergiankulutuksesta painotettuna eri energiamuotojen kerrotoimilla. E-luku auttaa laittamaan rakennukset samalle viivalle, sillä se perustuu rakennusten ominaisuuksiin, joka määritetään rakennuksen tyypillisellä käytöllä. Aiemmin energiatehokkuusluokka perustui rakennuksen toteutuneisiin kulutustietoihin, joka käytännössä kertoi rakennuksen käyttöön sidotun energiatehokkuuden eli se perustui ns. käyttötottumuksien mukaiseen energiankulutukseen. [31, 44]

E-luvun avulla on mahdollista vertailla vanhan ja uuden rakennuksen energiatehokkuutta. E-luku eli laskennallinen kokonaisenergiankulutus on ollut käytössä heinäkuusta 2012 lähtien, jolloin Suomen rakentamismääräyskokoelma uudistettiin vastaamaan rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) asettamia vaatimuksia. Energiatodistuksissa E-luku on ollut käytössä kesäkuusta 2013 lähtien. [31, 44]

Energiatehokkuusluokan parantamiseen on mahdollista vaikuttaa esimerkiksi rakennuksen lämmöneristystä parantamalla, ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla tai uusiutuvan energian käytöllä. Nykyiset vaatimukset ja niiden asettamat energiatehokkuusluokat pyrkivät edistämään vahvasti mm. uusiutuvan energian käyttöä. [31, 44]

1.3.6 Energiakatselmukset

1.3.6.1 Energiakatselmustoiminta

Energiakatselmus on erillisten ohjeiden mukaisesti toteutettu ja raportoitu kokonaisvaltainen energiankäytön ja energiansäästömahdollisuuksien kartoitus. Tavoitteena on analysoida katselmuskohteen kokonaisenergiankulutus, selvittää energiansäästöpotentiaali ja esittää ehdotettavat säästötoimenpiteet kannattavuuslaskelmineen. Energiakatselmuksessa selvitetään myös uusiutuvien energiamuotojen käytön mahdollisuudet ja raportoidaan ehdotettavien toimenpiteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. [45, 46]

Energiakatselmus perustuu toteutusajankohdan tuotanto-, energiankulutus- ja energiankäyttötietoihin, joiden lisäksi siinä pyritään mahdollisimman kattavasti ottamaan huomioon, myös tiedossa olevat ja suunnitelmien mukaiset muutokset. Energiakatselmus pyritään liittämään tiiviisti kohteen muihin toimintaprosesseihin niin, että siitä syntyy työkalu, joka palvelee kohdetta myös jatkossa energiatehokkuuden jatkuvassa seurannassa ja ylläpidossa. [45, 46]

TEM myöntää tukea palvelu-, teollisuus- sekä energia-alan energiakatselmusten ja uusiutuvan energian kuntakatselmusten toteutukseen. Motiva Oy vastaa TEM:n energiakatselmustoiminnan hallinnoinnista, johon kuuluvat mm. katselmustoiminnan edistäminen ja seuranta sekä energiakatselmoijien koulutus ja katselmustyön laadunvarmistus. [45, 46]

YM:n tukemia energiakatselmuksia ovat tällä hetkellä asuinkerros- ja rivitaloille tarkoitettut energiakatselmukset. Asuinkerrostalon energiakatselmusmalli on tarkoitettu sovellettavaksi kaikkien asuinkerrostalojen ja soveltuvien osien rivitalojen energiakatselmointiin. Energiakatselmusmallin soveltamisalan ulkopuolelle on rajattu omakotitalot sekä muut hyvin pienet asutokiinteistöt. [45, 46]

Energiakatselmustoimintaan liittyviä lainsäädännöllisiä asetuksia ollaan todennäköisesti säätämässä kesäkuuhun 2014 mennessä (energiatehokkuuslaki).

1.3.6.2 Asuinkerrostalojen energiakatselmus

Asuinkerrostalojen energiakatselmusmallin määrittelyllä pyritään edistämään Suomen asuinrakennuskannan energiatehokkuuden analysointia ja parantamista sekä yhtenäistämään ja helpotetaan katselmukseen liittyvää raportointia. [47]

Asuinkerrostalojen energiakatselmusmalli on tehty kerrostalojen energiasäästömahdollisuuksien kartoittamiseen ja sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi rivitalojen katsel-

moinnissa. Energiankäyttötietojen ja rakennusten perusteellisen läpikäynnin perusteella on tarkoitus selvittää asuinrakennuksen energian kulutusjakauma sekä määritellä kannattavat energiansäästötoimenpiteet. Energiakatselmuksella tarkastellaan kiinteistön lämpöä, sähköä ja vettä käyttävien järjestelmien energiansäästömahdollisuuksien selvityksen. Asuinkerrostalojen energiakatselmuksen keskeiset tavoitteet ovat: [47, 48]

- rakennuksen energiansäästökohteiden- ja potentiaalin määrittäminen, huomioiden sisäilmaston viihtyvyys- ja terveellisyysnäkökohdat ja muut seurannaisvaikutukset sekä ehdotettujen säästötoimenpiteiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin
- asukkaiden sekä huoltohenkilökunnan motivointi ja opastus energiataloudellisempaan toimintaan

Asuinkerrostalon energiakatselmuksen toteutus jakaantuu kolmeen osaan, jotka ovat kenttätutkimus, tietojen analysointi ja raportointi. Kenttätutkimus käsittää mm. kohteeseen tutustumisen, taloteknisten järjestelmien energiataloudellisen tarkastelun, huoneistokäynnit sekä mittauksiin liittyvät toimenpiteet. Tietojen analysointi käsittää kohteen mallintamisen ja säästökohteiden selvittämisen. Raportointiosuudessa luodaan raportti, joka toimii katselmuksen dokumentointina. [48]

Katselmoitava kokonaisuus voi olla asunto-osakeyhtiö, kiinteistöyhtiö tai muuten rajattu yhden tai useamman asuinrakennuksen muodostama kokonaisuus, jonka lämmön, kiinteistösähkön ja veden kulutus on selvitettävissä vähintään vuositason (esimerkiksi lasitusmittauksista). Kohteessa katselmointi kattaa kaikki energian- ja vedenkulutukseen liittyvät kokonaisuudet, kuten lämmitysjärjestelmät, käyttövesijärjestelmät, ilmanvaihtojärjestelmät ja kiinteistösähköjärjestelmät, lämmitetyt tilat sekä rakennuksen vaipan. [48]

Kiinteistösähkön osalta katselmoinnissa selvitetään vähintään suurimmat kuluttajat, kuten esimerkiksi kiinteistön valaistukset (ulko- ja yleistilat), autopistorasiat, sähkölämmitykset, sähkökiukaat, kylmäsiilistilat ja pesukoneet. Erityisesti huomiota tulee kiinnittää laitteiden käytön ja ohjauksen energiataloudellisuuteen. [48]

Energiakatselmuksen raportoinnissa käsitellään kohteen energian ja veden käytön nykytilanne, kuvataan LVIS-järjestelmien toiminta ja käyttö sekä esitetään säästötoimenpide-ehdotukset perusteluineen, säästövaikutuksineen ja takaisinmaksuaikoina. [48]

Säästötoimenpiteiksi esitetään sellaisia ratkaisuja, joilla ei ole haitallisia seurannaisvaikutuksia, kuten esimerkiksi ilmanvaihdon käyntiaikojen muutos ei saa huonontaa sisäilman laatua tai vaikuttaa tilojen kosteustasapainoon. Käsiteltävät säästötoimenpiteet jaetaan kolmeen pääryhmään seuraavasti: [48]

- Kiinteistön käyttöön ja taloteknisiin järjestelmiin liittyvät säästötoimenpiteet
 - millä kohteiden säästövaikutus syntyy pääasiassa taloteknisten järjestelmien tarkoituksenmukaisesta käytöstä tai toiminnasta
 - jonka lähtökohdaksi on, että sisäilmaston laatua ei huononnetta esimerkiksi viihtyvyys- tai terveellisyyskriteerien osalta
- Asukkaiden käyttötottumuksiin liittyvä säästöpotentiaali
 - joka syntyy pääasiassa asukkaiden käyttötottumusten muutoksesta ja
 - jota voidaan käyttää asukkaiden motivoinnissa

- Rakennetekniset säästötoimenpiteet
 - mm. ikkunoiden ja ovien kunto ja energiataloudellinen korjaustarve

1.3.7 Energiatehokkuussopimukset

Energiansäästösopimustoiminta on ollut Suomessa käytössä jo vuosina 1997–2007 ja sopimustoimintaa jatkettiin energiatehokkuussopimusten muodossa ajanjaksolle 2008–2016. Energiatehokkuussopimusjärjestelmä on osa Suomen pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategian (2008) sekä valtioneuvoston energiatehokkuustoimenpiteitä koskevan periaatepäätöksen (2010) toimeenpanoa. Sopimuksilla on tarkoitus vastata, EU:n energia- ja ilmastostrategian mukaisesti, kansainvälisiin sitoumuksiin ilmastomuutoksen vastaisessa työssä. [49]

Energiatehokkuussopimuksilla tavoitellaan ensisijaisesti, EU:n energiapalveludirektiivin (2006/32/EY) mukaisesti, 9 prosentin energiasäästöä vuoteen 2016 mennessä. Tavoite koskee päästökaupan ulkopuolella olevia kohderyhmiä (mm. asuminen ja rakentaminen) sekä sopimustoiminta itsessään kattaa myös päästökaupan piirissä olevan sektorin (mm. teollisuus ja energia-ala). [50]

Energiatehokkuussopimukset ovat myös keskeisessä asemassa energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU) toimeenpanossa. Energiatehokkuusdirektiivin myötä, Euroopan komissiolle joulukuussa 2013 toimitetun toimenpidesuunnitelman (ohjeellisen kansallisen energiatehokkuustavoitteen saavuttaminen) keskeisenä toimenä, on Suomen laaja energiatehokkuussopimusjärjestelmä, jolla arvioidaan voitavan saavuttaa vähintään puolet Suomen koko kumulatiivisen energiansäästön tavoitteesta kaudella 2014–2020. Vapaaehtoisilla sopimuksilla on jo saavutettu 53 TWh:n kumulatiivinen energiansäästö vuosina 2009–2013. [50]

Vapaaehtoisuuteen perustuvat eri toiminta-alueiden energiatehokkuussopimukset ovat voimassa vuoteen 2016 asti ja ne kattavat mm. kiinteistöalan ja elinkeinoelämän. Keskeisenä tavoitteena on edistää energiatehokkuuden toteutumista eri toiminta-alueilla, ohjaamalla yrityksiä ja yhteisöjä järjestelmällisesti parempaan energiatehokkuuteen. Sopimuksilla pyritään myös edistämään uuden energiatehokkaan teknologian käyttöönottoa sekä lisäämään uusiutuvan energian käyttöä. [50]

Nykyisten energiatehokkuussopimusten jatkuvuuden varmistamiseksi on jo solmittu kaksi aiesopimusta, joissa sitoudutaan neuvottelemaan vuonna 2015 vuoden 2017 alussa käynnistyvästä uudesta sopimusjaksosta. Uudella sopimusjaksolla on tarkoitus vastata energiapalveludirektiivin korvanneen energiatehokkuusdirektiivin (2012/27/EU) asettamiin tavoitteisiin. [50]

1.3.7.1 Kiinteistöalan energiatehokkuussopimus (2010–2016)

Kiinteistöalan sopimusjärjestelmällä jatketaan ja edelleen kehitetään käytäntöä, joka on aloitettu vuoden 1999 kauppaja- ja teollisuusministeriön ja Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry:n välille solmitulla sopimuksella energiansäästön edistämisestä kiinteistö- ja rakennusalailla sekä vuonna 2002 ympäristöministeriön, kauppaja- ja teollisuusministeriön ja Asuntokiinteistö- ja rakennuttajaliitto ASRA ry:n välille solmitulla sopimuksella energiansäästön edistämisestä asuinkiinteistöissä. [2]

Kiinteistöalan sopimusjärjestelmän tavoitteena on varmistaa, että kansallisen energia- ja ilmastostrategian sekä energiapalveludirektiivin mukaiset energiasäästötavoitteet saavutetaan kiinteistöalalla. [2]

Kiinteistöalan energiatehokkuussopimuksen kohderyhmät ovat asuinkiinteistöt sekä sellaiset toimitilakiinteistöt, joiden energiakäyttö ei kuulu voimassa olevien elinkeinoelämän energiatehokkuussopimukseen liitettyjen toimenpideohjelmien piiriin. Sopimukset ovat tarkoitettu asuinkiinteistöalan yrityksille ja yhteisöille sekä toimitilakiinteistöjä omistaville ja/tai hallinnoiville yrityksille ja yhteisöille. [2]

Kiinteistöalan energiatehokkuussopimuksella pyritään vähentämään rakennusten energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä sekä parantamaan toimintojen taloudellisuutta. Oikein toteutetut energiansäästötoimet, joissa on otettu huomioon turvallisuus ja terveellisyys (esimerkiksi rakennusten sisäilman laadussa), parantavat asumis- ja työskentelyolosuhteita sekä ehkäisevät osaltaan myös rakennusten kosteusvaurioita ja homeongelmia. [2]

Tavoitteena on myös toteuttaa sellaisia toimia, joilla pyritään lisäämään esimerkiksi kiinteistöjen vuokralaisten ja asukkaiden tietoisuutta energiakäytön tehostamisen mahdollisuuksista ja merkityksestä. Kyseisten toimien tarkoituksena on edesauttaa energian loppukäytön tehokkuutta sekä vuodelle 2016 asetetun 9 prosentin ohjeellisen energiasäästötavoitteen saavuttamista. [2]

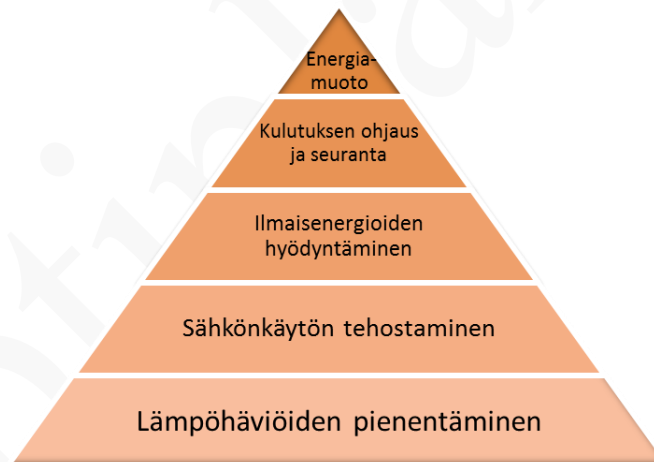
2 ENERGIAITEHOKKUUS RAKENTAMISESSA

2.1 Energiatehokas rakentaminen

Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen ja energiankulutuksen pienentäminen ovat tärkeässä asemassa kasvihuonekaasupäästöjen vastaisessa taistelussa. Rakennukset muodostavat noin 40 prosenttia EU:n kokonaisenergiankulutuksesta, ja kun tiedetään rakennuskannan laajenevan jatkuvasti, on myös energiankulutuksen lisääntyminen entisestään väistämätöntä. Tästä syystä energiankulutuksen vähentäminen sekä uusiutuvien energialähteiden käytön lisääminen rakentamisessa ovatkin tärkeitä ja ensisijaisia toimenpiteitä, pyrittäessä EU:n energiatehokkuustavoitteisiin. [18]

Energiatehokkaan rakentamisen perustana (kuvio 1) voidaan pitää rakennuksen ja sen järjestelmien lämpöhäviöiden pienentämistä, joka lähtee rakennuksen energiatarpeen minimoinnista. Energiatarpeen minimoinnin keskeisiä tekijöitä ovat hyvä ulkovaipan lämmöneristys ja tiiveys, ikkunoiden auringonsuojaustratkaisut ja tehokas ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. [51]

Keskeinen tekijä, energiantarpeen minimoinnin jälkeen, on rakennuksen energiankäytön tehostaminen ilmaisen energiaa hyödyntämällä, energiatehokkailla laitteilla, tarpeenmukaisilla käytöillä ja energiankulutusta seuraamalla. Viimeisenä tekijänä energiatehokkaassa rakentamisessa on alhaista energiankulutusta vastaavan energiantuotantomuodon valinta. [51]



Kuvio 1. Energiatehokkaan rakentamisen lähtökohdat ja perusta. [51]

Energiatehokkaassa rakennuksessa standardikäytön tarpeet saavutetaan tavanomaista pienemmällä energiamäärällä tai samalla energiamäärällä tavanomaista laadukkaammin. Energiatehokkaan rakennuksen ominaisuutena voidaan pitää sitä, että se kuluttaa vähintään puolet vähemmän energiaa kuin rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset täyttävä rakennus. Ympäristön kuormitus vähenee samassa suhteessa. [53]

Energiatehokkaan rakennuksen tarkoituksena on tuottaa käyttäjälleen mahdollisimman paljon hyötyä, mutta samalla aiheuttaa mahdollisimman vähän kuormitusta ympäristölle. Energiatehokkaan rakennuksen tuottamat hyödyt liittyvät rakennuksen toimivuuteen ja viihtyvyyteen, edullisiin käyttö- ja kunnossapitokustannuksiin, pitkään käyttöikään sekä jälleenmyyntiarvoon. Energiatehokkuuden parantaminen on siis paljon muutakin kuin pelkkää energiansäästöä. [52]

2.1.1 Kokonaisuuden hallinta

Suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa tehtävillä ratkaisulla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen elinkaarenaikaisiin kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin, jotka liittyvät olennaisesti energiankulutukseen ja sitä kautta kasvihuonekaasupäästöjen muodostumiseen. Tähän liittyen ajankohtainen aihe energiatehokkaassa rakentamisessa on kokonaisuuden hallinta, minkä merkitys korostuu erityisesti suunnitteluvaiheessa.

Suunnittelu on tärkeässä asemassa rakennuksen energiatehokkuuden määrittämisessä, sillä suunnittelun aikana lyödään lukkoon noin 90 prosenttia rakentamisen aikaisista kustannuksista ja noin 80 prosenttia rakennuksen elinkaarikustannuksista. [54]

Suunnittelun aikana tehtävät energiatehokkaat ratkaisut vaikuttavat rakennuksen koko elinkaarenaikaisiin kustannuksiin ja silti laadukas suunnittelu maksaa vain murto-osan koko rakennushankkeen hinnasta. Investointi rakennuksen hyvään energiatehokkuuteen suunnitteluvaiheessa kannattaa, sillä se pienentää käytönaikaisia kustannuksia ja hillitsee asumiskustannusten nousua suhteessa energian hinnan nousuun. [53, 54]

Energiatehokkuutta ei kuitenkaan saavuteta vain yksittäisillä ratkaisulla vaan kokonaisuuden hallinnalla. Osaava ja yhteistyökykyinen suunnittelutiimi on edellytys onnistuneeseen lopputulokseen, jossa tulisi ottaa huomioon rakennuksen energiatehokkuus, käyttöikä, muunneltavuus, turvallisuus, huollettavuus ja materiaalien kierrätettävyys. Yhteistyön tulisi kattaa kaikki suunnitteluvaiheet, myös rakennuksen käyttö- ja kunnossapito-ohjeiden laatimisen. [54]

Rakennuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi suunnitteluvaiheessa tehtävillä rakenteellisilla ja taloteknisillä ratkaisulla. Tärkeässä asemassa on rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen, joka syntyy mahdollisimman yksinkertaisilla, toimintavarmilla ja yhteensopivilla ratkaisulla ja järjestelmillä. [51]

Arkkitehtisuunnittelussa energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. rakennuksen sijainti, tilat, massoittelu ja materiaalit sekä taloteknisten järjestelmien vaatimien tilojen ja reititysten tarpeenmukainen suunnittelu. Rakennesuunnittelussa energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat puolestaan rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta sekä ilmatiiviys. [51]

Erityisesti talotekniikan suunnittelun merkitys on kasvanut uusien energiatehokkuusvaatimusten myötä. Talotekniikan suunnittelussa keskeisimmät energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät ovat lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien valinta ja suunnittelu, lämpimän käyttöveden valmistus sekä valaistuksen suunnittelu. [51]

Rakennusautomaatio on erittäin keskeisessä asemassa rakennusten energiatehokkaassa kokonaisuuden hallinnassa, sillä sen avulla valvotaan, ohjataan ja säädetään useita taloteknisiä toimintoja, kuten esimerkiksi ilmanvaihtoa, lämmitystä ja valaistusta. Yhtenä osana matalaenergiarakentamista ja rakennuskannan energiatehokkuuden parantamista on tärkeää, että energiaa käyttävien laitteiden ja järjestelmien automaatio, ohjaus ja valvonta toteutetaan tavalla, joka johtaa terveelliseen ja miellyttävään sisäilmaston laatuun, optimaalisella energiankulutuksella. [51]

Rakennusautomaation tarkoituksena on lisäksi varmistaa talotekniikan tarpeenmukainen käyttö, jottei tarpeetonta energiankulutusta pääse syntymään. Tällaisia tilanteita voivat

olla esimerkiksi valaistuksen tarpeeton päällä olo tai yhtäaikainen lämmitys ja jäähdytys. [51]

Taloteknisten osajärjestelmien tarpeenmukaisten käyttöjen varmistaminen on tärkeä osa kokonaisuuden hallintaa, koska sillä voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen suurimpaan menoeraan eli käytönaikaiseen energiankulutukseen. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sekä sähkönsyöttölaitteet muodostavat suurimman osan tästä kulutuksesta. Esimerkiksi säätämällä lämpötilaa, valaistusta ja sähkölaitteiden energiankulutusta todellisten tarpeiden mukaan, voidaan saada aikaan merkittäviä energiasäästöjä, kuitenkin heikentämättä ihmisten elämänlaatua. [55]

Energiatehokkuuden kannalta ajankohtainen aihe ABB:n artikkelin ”*Energiatehokkuuden kotiläksyt tekemättä?*” mukaan on ns. systeemiajattelu, jonka merkitys korostuu suunnitteluvaiheessa. Tällä tarkoitetaan sitä, että suunnitteluvaiheessa tulisi miettiä prosessia ja haluttua lopputulosta kokonaisuutena. Yksi keskeinen tekijä systeemiajattelussa on komponenttien oikea valinta tarpeiden mukaan. Yksinkertaisimmillaan ”systeemi” voi muodostua esimerkiksi sähkömoottorista ja sitä ohjaavasta taajuusmuuttajasta sekä moottorin akselille liitettävästä puhaltimesta tai pumpusta. Tällä tarkoitetaan nimenomaan kokonaisuuden hallintaa. [56]

2.1.2 Matala- ja nollaenergiarakentaminen

Matala- ja nollaenergiarakentamisen perustana on lämpöhäviöiden minimointi, joka tarkoittaa käytännössä lämmöneristyksen lisäämistä ja parempaa ilmatiiveyttä sekä lämpöenergiatehokkaampia ovia ja ikkunoita. Tämän lisäksi korostuu rakenteellisten ja taloteknisten ratkaisuiden yhteensovittaminen sekä kokonaisuuden hallinta. Tärkeässä asemassa on myös ilmaisenergioiden tehokas hyödyntäminen, joihin lasketaan ihmisten, laitteiden ja auringonsäteilyn tuottama lämpö sekä uusiutuvien energioiden käyttö. [51]

Rakentamisessa käytetään seuraavia matala- ja nollaenergiarakentamiseen liittyviä määritelmiä:

- Matalaenergiatalo
- Passiivitalo
- Lähes nollaenergiatalo
- Nollaenergiatalo
- Plusenergiatalo

Tällä hetkellä rakennetaan vielä pääsääntöisesti matalaenergia- ja passiivitaloja, mutta rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) yksi keskeisimmistä linjauksista on, että kaikkien uudisrakennuksien tulisi olla lähes nollaenergiarakennuksia vuodesta 2021 lähtien. [18]

Matalaenergiatalolla tarkoitetaan rakennusta, jonka kokonaisenergiankulutus (E-luku) on vähintään 25 prosenttia pienempi kuin normaalin talon. Lämmitysenergian kulutus on noin 40–60 kWh/m² vuodessa tai vähemmän, joka on noin puolet normaalitalon lämmitysenergiankulutuksesta. [57]

Passiivitalon tyypillinen kuvaus on hyvä lämmöneristys, ulkovaipan ilmatiiviys, ikkunoiden ja ovien hyvä lämmöneristävyys sekä varaavan massan ja ilmaislämmönlähteiden (passiivinen aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) tehokas hyödyntäminen. Passiivita-

lossa energiansäästökeinojen pääpaino ei ole teknisissä laitteissa. Passiivitalon lämmitysenergiankulutus on noin puolet vähemmän kuin matalaenergiatalon eli luokkaa 20–30 kWh/m². [57, 58]

Nollaenergiarakentamisessa korostuu uusiutuvien energioiden käyttö, joita hyödyntämällä pyritään kattamaan merkittävin osa rakennuksen ostoenergiantarpeesta, rakennuksessa tai sen lähistöllä tuotetulla uusiutuvalla energialla. Plusenergiarakentaminen edustaa rakentamisen ääripäätä, jossa uusiutuvaa energiaa pitäisi tuottaa enemmän kuin rakennuksen ostoenergian tarve vaatii. [59]

Uusiutuvana energialähteenä rakennuksessa voidaan käyttää esimerkiksi aurinkoa, jonka avulla tuotetaan sähköä ja/tai lämpöä. Vaihtoehtona voidaan pitää myös rakennukseen integroitavaa tuulivoimaa. Energiategohkuusdirektiivin 2012/27/EU myötä myös kaukolämpö lasketaan kuuluvaksi rakennuksen lähellä tuotetuksi uusiutuvaksi energiaksi, jos se perustuu yksinomaan uusiutuviin energialähteisiin. [59]

Yleinen ongelma tämän hetken rakentamisessa on kuitenkin ollut lämmöneristysten lisäämisen myötä heikentyneet rakenteiden kosteustekniset toiminnot. Lämmöneristysten lisäämisen myötä saattaa kasvaa myös rakennuksen kesäaikainen yllämpö, joka lisää rakennuksen jäähdytyksen tarvetta merkittävästi. Matalaenergiataloissa sisäilmaongelmien syyksi on usein paljastunut ilmanvaihdon häiriöt eli toisin sanoen rakenne- ja talotekniikan yhteensovittaminen on ollut puutteellista. [60]

2.2 Sisäolosuhteet ja niiden hallinta

Rakennuksen sisäolosuhteiden ja niiden hallinnan huomioiminen ovat erittäin keskeisessä asemassa suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Oikein suunnitellun ja toteutetun rakennuksen sisäolosuhteet, tekevät rakennuksen käytöstä terveellisen, turvallisen, viihtyisän ja energiatehokkaan. [61]

Rakennuksen sisäolosuhteiden merkitys, korostuu energiatehokkaan rakennuksen suunnittelussa kaikilla sen osa-alueilla. Energiategohkkaisiin ratkaisuihin pyrittäessä, on tärkeää huomioida, ettei rakennuksen sisäilmasto-olosuhteisiin vaikuteta heikentävästi. Ratkaisuiden tulee olla sellaisia, että rakennuksen sisäolosuhteille asetetut vähimmäisvaatimukset täyttyvät, vaikka energiankäyttö pienenee. Energiategohkailla ratkaisuilla kuitenkin usein parannetaan sisäolosuhteita eli saadaan rakennuksesta tavanomaista laadukkaampi, pienemmällä energiamäärällä. [61, 62]

Rakennuksen sisäolosuhteiden tavoitetasot määritellään tyyppikohtaisesti, joka voidaan tehdä sisäilmaluokituksen mukaisesti. Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelee sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot, joiden tarkoituksena on tukea rakennuttajien, suunnittelijoiden, laitevalmistajien, urakoitsijoiden ja rakennuksen käyttäjien työtä. Sisäilmastoluokat on jaettu luokkiin S1, S2 ja S3 seuraavien tarkoitusten mukaisesti: [61]

- Luokka S1 tarkoittaa yksilöllistä sisäilmastoa, jonka laatu on erittäin hyvä
- Luokka S2 tarkoittaa hyvää sisäilmastoa, jonka laatu on tavanomaista parempi
- Luokka S3 tarkoittaa tyydyttävää sisäilmastoa, jonka laatu täyttää rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset

Rakennuksen energiankäytön tehostaminen niin, että sisäolosuhteet pysyvät laadukkaina ja vaatimusten mukaisina, muodostuu kokonaisuuksien hallinnasta. Rakentamismää-

räyskokoelman osassa D2 (*Rakennusten sisäilmaston ja ilmanvaihdon määräykset ja ohjeet 2012*) vaaditaankin, että rakennus tulee suunnitella ja rakentaa kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääolosuhteissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Tämän aikaansaamiseksi käytetään rakenteellisia keinoja, pienennetään sisäisiä kuormitustekijöitä, rajoitetaan ulkoisten ja sisäisten kuormitustekijöiden vaikutusta sekä käytetään ilmanvaihto- ja ilmastointiteknisii keinoja. [62]

Rakennuksen sisäilmaston terveellisyteen, turvallisuuteen ja viihtyisyyteen vaikuttavat olennaisesti rakennuksen lämpöolot, ilmanlaatu, ääni- ja valaistusolosuhteet sekä lisäksi rakennuksen ilmanvaihto. Kyseiset tekijät tulee huomioida rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa mm. siten, että rakennuksen: [62]

- oleskeluvyöhykkeiden viihtyisää huonelämpötilaa voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti
- sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja
- ääniolosuhteet ovat viihtyisät
- oleskeluvyöhykkeillä voidaan ylläpitää näkötehtävän edellyttämää valaistusta käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti
- ilmanvaihtojärjestelmä on tarpeenmukainen siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvallille ja viihtyisälle sisäilmastolle

Asuinrakennuksen oleskeluvyöhykkeillä, huonelämpötilan suunnitteluarvona, käytetään tyypillisesti lämmityskaudella lämpötilaa 21 °C ja kesäkaudella lämpötilaa 23 °C. Rakentamismääräyksissä on annettu myös muita, suunnitteluarvoina käytettäviä huonelämpötiloja, jotka koskevat asuinrakennuksia: [62]

- | | |
|-------------------------|-------|
| - Porrashuone | 17 °C |
| - Kylpyhuone, pesuhuone | 22 °C |
| - Kuivaushuone | 24 °C |

Lämpöolojen ja ilmanlaadullisten olosuhteiden hallinnan kannalta tärkeässä asemassa ovat LVI-tekniset ratkaisut ja säätötekniikka sekä laatuvaatimukset täyttävä valaistusratkaisu. Rakennusautomaation merkitys korostuu edellä mainittujen tekijöiden tarpeenmukaisen käytön varmistamisessa.

Rakennuksen laadukkaat valaistusolosuhteet syntyvät kokonaisuuden hallinnasta, jossa keskeisessä asemassa on koko valaistusratkaisun tarpeenmukainen suunnittelu ja käyttö sekä energiatehokkaat laitteet. Valaistusolosuhteet tulee toteuttaa energiatehokkaasti niin, että laatuvaatimukset täyttyvät ennen energiansäästöä.

2.3 Energiatehokkuuden varmistaminen

Rakennusten energiatehokkuutta koskevat määräykset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan (1.3.3 Sädökset ja määräykset). Rakennusten energiatehokkuuteen liittyvissä määräyksissä ja ohjeissa on annettu rakennusten energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset, energialaskennan lähtötiedot, laskentasäännöt ja -ohjeet sekä vaatimukset määräystenmukaisuuden osoittamiselle. [63]

Määräykset ja ohjeet koskevat pääsääntöisesti uusia rakennuksia, joissa käytetään energiaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen sekä mahdollisesti jäähdytykseen, tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi. Määräyksiä ja ohjeita sovelletaan korjaus- ja muutostöissä vain niiltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käytötapa edellyttävät. [63]

Rakennusten energiatehokkuuden määräyksissä ja ohjeissa, rakennukset ja tilat jaotellaan käyttötarkoituksen mukaisiin luokkiin. Tässä oppaassa, tarkastelu painottuu käyttötarkoitukseluokkien 1 ja 2 mukaisten rakennusten energiatehokkuuteen sekä erityisesti sähkönkäytön kannalta olennaisiin tekijöihin. Käyttötarkoitukseluokat ovat kokonaisuudessaan seuraavat: [63]

Luokka 1: Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutilat

Luokka 2: Asuinkerrostalot

Luokka 3: Toimistorakennukset

Luokka 4: Liikerakennukset

Luokka 5: Majoitusliikerakennukset

Luokka 6: Opetusrakennukset ja päiväkodit

Luokka 7: Liikuntahallit, pois lukien uima- ja jäähallit

Luokka 8: Sairaalat

Luokka 9: Muut rakennukset

Rakennusten energiatehokkuudella tarkoitetaan laskettua tai mitattua energiamäärää, joka tarvitaan rakennuksen standardisoituun käyttöön liittyvän energiatarpeen täyttämiseen. Rakennuksen standardikäytön tarpeet voivat muodostua mm. lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, veden lämmitykseen sekä valaistukseen ja kuluttajalaitteisiin käytetystä energiasta. [18]

Rakennusten ”standardikäytöllä” tarkoitetaan rakennuksen vakioitua tai tyypillistä käyttöä, joka muodostuu rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyttöaika- ja sisäisten lämpökuormien lähtöarvoista. Rakennuksen standardikäyttö eroaa useimmiten rakennuksen todellisesta käytöstä, käyttäjien omien toimintojen seuraamuksena. [63]

2.3.1 Energiatehokkuuden vaatimukset

Rakennusten energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset on annettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 *Rakennusten energiatehokkuus (määräykset ja ohjeet 2012)*, joka uudistettiin rakennuksen energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU myötä vuonna 2012. Merkittävin muutos oli kokonaisenergiatarkasteluun siirtyminen, jossa sähkönkäytöllä on muita energiamuotoja suurempi painoarvo.

Uudistuneet rakennusmääräykset edellyttävät kokonaisenergiatarkasteluun perustuvien laskentamenetelmien käyttöä ja energiankulutuksen laskennallista tarkastelua rakennuk-

sen E-luvun määrittämiseksi. Kokonaisenergiatarkastelu koskee kaikkea rakennuksessa tapahtuvaa energiankulutusta, jonka pohjalta lasketaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti E-luku, eli kokonaisenergiankulutus. E-luku ohjaa valitsemaan rakennukseen ympäristön kannalta mahdollisimman tehokkaita vaihtoehtoja. Uusiutuvat energialähteet ovat merkittävässä asemassa pyrittäessä hyvään E-lukuun.

Rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle asetettujen vaatimusten lisäksi, vähimmäisvaatimuksia on asetettu mm. kesäaikaisen huonelämpötilan hallintaan, ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuuteen, lämmitysjärjestelmän tehoon ja energiankäytön mittauksiin liittyen.

2.3.1.1 Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

Rakennusten E-lukuun liittyen vaaditaan, että se on laskettava. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus, joka ilmaistaan rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettopinta-alaa kohden. E-luvun laskenta käsitellään tämän oppaan luvussa 2.3.3 *Energialaskennan laskentasäännöt ja -ohjeet*. [63]

Rakennuksen ostoenergiankulutukseen liittyen vaaditaan, että se on laskettava määräyksissä ja ohjeissa esitetyillä ulkoilman säätiedoilla, sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla (standardikäyttö). Muut mahdolliset energialaskennassa tarvittavat lähtötiedot otetaan rakennuksen suunnitteluasiakirjoista. [63]

Uudisrakennusten E-lukuun liittyen on asetettu vaatimuksia niin, että mm. luokkaan 1 kuuluvien rivi- ja ketjutalojen E-luku ei saa ylittää 150 kWh/m^2 vuodessa ja luokkaan 2 kuuluvan asuinkerrostalon E-luku ei saa ylittää 130 kWh/m^2 vuodessa. Muiden luokkaan 1 kuuluvien pientalojen ja hirsitalojen E-luvun ylärajat muodostuvat lämmitetyn nettoalan mukaan. Uudisrakennuksen E-luvun yläraja-arvot eri luokille (1–9) on esitetty D3:sen sivulla 5, taulukossa 2.1.4. [63]

2.3.1.2 Kesäajan huonelämpötilan hallinta

Kesäajan huonelämpötilojen hallintaan liittyen vaaditaan, että rakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, etteivät tilat lämpene haitallisesti. Tilojen ylikuumenemisen estämiseksi käytetään ensisijaisesti yöllä tehostettua ilmanvaihtoa sekä rakenteellisia ja muita passiivisia keinoja, joita ovat esimerkiksi auringonsuojausratkaisut. Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksen täyttämiseksi voi olla tarpeen käyttää jäähdytysjärjestelmää, jolloin kokonaisenergiakulutukseen sisällytetään jäähdytysjärjestelmän energiakulutus. [63]

Vaatimukseen liittyen on lisäksi ohjeistettu, että kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää D3:sen sivulla 10, taulukossa 2 esitetyn jäähdytysrajan arvoa enemmän kuin 150 astetuntia 1. kesäkuuta ja 31. elokuuta välisenä aikana (luokan 1 ja 2 jäähdytysraja on 27°C). [63]

Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuus tulee osoittaa eri tilatyyppeiden lämpötilalaskennalla, jota on ohjeistettu mm. asuinkerrostalojen (luokka 2) osalta niin, että lämpötilalaskelmat tehdään vähintään yhdelle lämpökuormiltaan suurimmalle makuuhuoneelle ja olohuoneelle. Kesäajan huonelämpötilan laskentaa ei vaadita luokan 1 rakennuksille. [63]

2.3.1.3 Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus

Ilmanvaihtoon liittyen vaaditaan, että energiatehokkuus varmistetaan rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla, tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta. [63]

Lisäksi vaaditaan, että ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 prosenttia ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Vastaava lämpöenergian tarpeen pienentäminen voidaan toteuttaa myös: [63]

- parantamalla rakennuksen lämpövaipan eristystä
- parantamalla rakennuksen lämpövaipan ilmanpitävyyttä, tai
- vähentämällä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaa lämpömäärää, muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla, kuten esimerkiksi
- käyttämällä ulkoilman lämmityksessä ratkaisua, joka vähentää rakennuksen energiankulutusta

Poistoilman lämmöntalteenotosta voidaan kuitenkin luopua rakennuksen yksittäisen tilan osalta ilman vastaavaa energiankulutuksen pienentämistä, jos lämmöntalteenoton rakentaminen osoitetaan epätarkoituksenmukaiseksi. [63]

Rakennusten ilmanvaihdolle asetetut vähimmäisvaatimukset on esitetty tarkemmin rakentamismääräyskokoelman osassa *D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto*.

2.3.1.4 Lämmitysjärjestelmän tehot

Lämmitysjärjestelmän lämmitysteho vaaditaan mitoitettavan siten, että lämpöolot voidaan ylläpitää D3:sen liitteessä 2 esitetyillä lämmityskauden mitoittavilla ulkolämpötiloilla. Mitoittava ulkolämpötila on esimerkiksi säävyöhykkeellä II -29 C° (mm. Tampere). Mitoituksessa ei oteta huomioon sisäisiä ja auringon aiheuttamia lämpökuormia. [63]

2.3.1.5 Energiankäytön mittaus

Rakennukset vaaditaan varustettavan energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella siten, että rakennuksen eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää. Mikäli mittauksen tai mittausvalmiuden rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi, niistä voidaan luopua. [63]

Energiankäytön mittausvaatimuksiin liittyen on ohjeistettu, että kaikki rakennukset varustetaan: [63]

- sähkönmittauksella, josta saadaan tieto rakennuksen koko sähköenergiakulutuksesta
- lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutuksen mittauksella

Luokan 1 rakennuksia lukuun ottamatta, rakennukset varustetaan lisäksi: [63]

- lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella sekä tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertopiirin paluu vesivirran ja lämpötilan mittauksella
- ilmanvaihtojärjestelmän sähkökulutuksen mittauksella lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja (ilmanvaihtojärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa niin, että sen ominaissähköteho on helposti mitattavissa)

- jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutuksen mittauksella (ilmanvaihtojärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa niin, että sen ottama sähköteho ja tuottama jäähdytysenergia on helposti mitattavissa)

Luokan 1 ja 2 rakennuksia lukuun ottamatta, rakennukset varustetaan myös kiinteän valaistusjärjestelmän sähkönkulutuksen mittauksella. [63]

2.3.1.6 Valaistuksen energiatehokkuus

Valaistuksen energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset on esitetty standardissa *SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus (Työkohteiden valaistus, Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus)*, joka määrittelee sisätyötilojen valaistusvaatimukset sekä esittää suosituksia hyvistä valaistuskäytännöistä. [64]

Vaatimuksena on, että valaistus on suunniteltava vastaamaan valaistusvaatimuksia tiettyä tehtävää tai tilaa varten energiatehokkaalla tavalla. Valaistusasennuksen näköolosuhteista ei saa tinkiä energiankulutuksen alentamiseksi. Standardissa asetetut valaistusvoimakkuustasot ovat keskimääräisen valaistusvoimakkuuden ylläpidettäviä vähimmäisvaatimuksia. [63, 64]

Asuinrakennusten osalta standardin vaatimuksien voidaan katsoa koskevan esimerkiksi kerrostalojen teknisiä tiloja, liikennealueita, parkkihalleja ja muita vastaavia rakennusten yleisiä tiloja, joiden katsotaan olevan taloyhtiön julkisia kokoontumisalueita.

Luvussa 3.4.2 (*Tilan käyttötarkoitus ja valaistuksen laatutekijät*) käsitellään yksityiskohtaisemmin standardin mukaisia valaistuksen laatuvaatimuksia sekä sovellettuja valaistusvoimakkuuksia, joita voidaan hyödyntää asuinhuoneistojen valaistuksen laadullisessa määrittelyssä. [64]

2.3.2 Energialaskennan lähtötiedot

Sähkönkäytön kannalta keskeisimmät lähtötiedot liittyvät rakennuksen standardikäyttöön ja sisäisiin lämpökuormiin, joita tarvitaan mm. valaistuksen ja kuluttajalaitteiden energiakulutuksen laskennassa.

Laskennassa käytettävät lähtötiedot on esitetty rakentamismääräyskokoelman osassa *D3 Rakennusten energiatehokkuus* ja ne muodostuvat kokonaisuudessaan säätietoihin, sisäilmastoon, rakennuksen standardikäyttöön ja sisäisiin lämpökuormiin, lämpimään käyttöveteen sekä rakennuksen ilmanpitävyyteen liittyvistä tiedoista. [63]

2.3.2.1 Rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat

Rakennuksen standardikäytön ja sisäisten lämpökuormien ohjearvot on esitetty taulukossa 2. Ohjearvoja käytetään mm. valaistuksen ja kuluttajalaitteiden tuottamien lämpökuormien sekä sähköenergian kulutuksen laskemiseen. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäytön laskentasäännöt ja -ohjeet, on esitetty luvussa 2.3.3 *Energialaskennan laskentasäännöt ja -ohjeet*. [63]

Rakennuksen standardikäyttö muodostuu käyttötarkoitukseluokan mukaisesti, rakennukselle ominaisesta käyttöajasta ja käyttöasteesta, tiettyyn kellonaikaan. Käyttöajalla esitetään, kuinka monta tuntia vuorokaudesta ja päivää viikosta, rakennusta käytetään. Käyt-

töasteella esitetään valaistuksen ja kuluttajalaitteiden keskimääräinen käyttö sekä ihmisten läsnäolo, rakennuksen käyttöajan aikana. [63]

Taulukko 2. Rakennusten standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat [63]

Käyttötarkoitukseluokka	Kellonaika ^d	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset ^a
		h / 24h	d / 7d		W / m ²	W / m ²	W / m ²
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 ^{b,c}	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 ^{b,c}	4	3

a = ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla ker-toimella 0,6

b = asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c = ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuk-sen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erillisselvitys määräyksen kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti

d = ilmanvaihdon käyntiaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkulutus katsotaan samaksi niiden tuottaman lämpökuorman kanssa. Kokonaisenergiakulutusta laskettaessa voidaan käyttää pienem-pää valaistustehon arvoa kuin taulukossa 2 on esitetty, mikäli valaistusteho säilyy sa-mana. Pienempää valaistustehoa käytettäessä, on esitettävä erillisselvitys energialasken-nan lähtötietojen osalta. [63]

Valaistuksen käyttötuntien määrä lasketaan taulukon 2 mukaisilla käyttöajoilla, mikäli rakennuksessa on tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus. Keskimääräisen valaistustehon laskennassa käytettävän mallin on tällöin oltava tilakohtainen ja tilojen on täytettävä niille asetetut käyttötarkoituksen mukaiset valaistustasovaatimukset. Keskimääräisen valaistustehon laskenta voidaan tehdä tilatyypikohtaisesti, jolloin rakennuksen keski-määräinen valaistusteho saadaan tyyppitilojen pinta-aloilla painotettuna keskiarvona. [63]

2.3.3 Energialaskennan laskentasäännöt ja -ohjeet

Energialaskennan laskentasäännöt on esitetty rakentamismääräyskokoelman osassa *D3 Rakennusten energiatehokkuus* ja tarkemmat laskentaohjeet puolestaan osassa *D5 Ra-kennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta*.

Sähkönkäyttöön liittyen keskeisimmät laskentasäännöt ja -ohjeet koskevat valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuista sähköenergiankulutusta. Sähkönkäyttöön liittyy myös lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhalti-mien ja apulaitteiden sähköenergiakulutuksen selvitys.

Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen selvittämiseksi tulee ensin selvittää raken-nuksen ostoenergiankulutus, joka selvitetään järjestelmäkohtaisesti sekä energiamuo-doittain eriteltynä. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmän energiankulutus eritellään lämpö-energiaksi ja sähköenergiaksi. [63]

Huomioitavaa

Rakennuksessa olevia erikoistiloja, kuten esimerkiksi ravintoloita ja kahviloita, ei oteta laskennassa huomioon. Kyseisissä tapauksissa energialaskenta suoritetaan rakennuksen tai rakennusosan käyttötarkoitusta vastaavilla lähtöarvoilla (rakennusten standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat). [63]

Sähkönkäyttöön liittyen on esitetty, että sellaisia teknisiä järjestelmiä, joita ei ole lueteltu laskentasäännöissä, ei myöskään oteta huomioon energialaskennassa. Tällaisia teknisiä järjestelmiä ovat mm. ammattikeittiöt, **ulkovalaistus**, **hissit** ja **sulatuskaapelit**. [63]

2.3.3.1 Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

E-luvulla tarkoitetaan energiamuotojen kertoimilla painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta, joka lasketaan rakennustyyppin standardikäytöllä, lämmitettyä nettopinta-alaa kohden. E-luku ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ vuosi})$) saadaan laskemalla yhteen rakennuksen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain. [63]

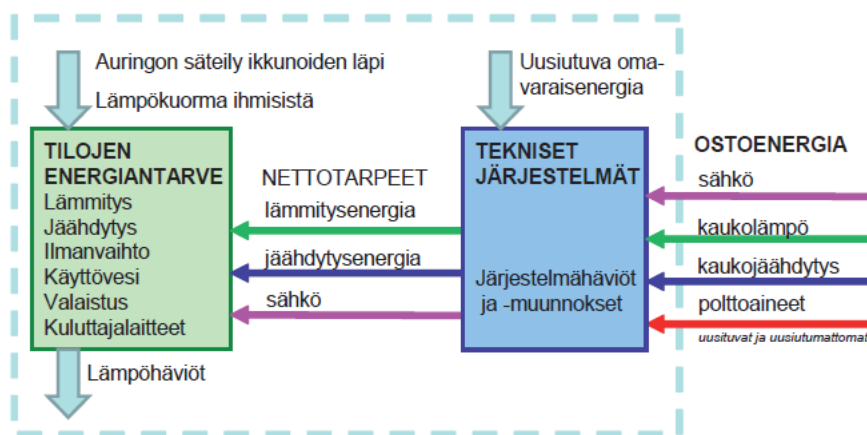
Energiamuotojen kertoimilla pyritään huomioimaan ympäristövaikutukset sekä hyvittämään rakennuksen mahdollinen oma energiantuotto. Kertoimina käytetään valtioneuvoston asetuksessa 9/2013 säädettyjä lukuarvoja, jotka ovat seuraavat: [63]

- sähkö	1,7
- kaukolämpö	0,7
- kaukojäähdytys	0,4
- fossiiliset polttoaineet	1,0
- uusiutuvat polttoaineet	0,5

Energiamuotojen kertoimia käytetään ainoastaan ostoenergialle eli E-lukua laskettaessa on huomioitava, että uusiutuva omavaraisenergia ei ole ostoenergiaa, mutta se vähentää ostoenergiakulutusta. [63]

Rakennuksen kokonaisenergiankulutusta ei voida vertailla suoraan energiamuotoker-toimia vertailemalla, vaan energiamuoto on ensin muutettava lämmöksi. Kokonaisener-giankulutuksessa lämmityksen osuuteen vaikuttavat lämmitysjärjestelmän ja lämmön tuoton hyötysuhteet. [65]

Rakennuksen ostoenergiankulutus lasketaan määräyksissä ja ohjeissa esitetyillä ulkoil-man säätiedoilla, sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla (standardikäyttö). Rakennuk-sen ostoenergiankulutuksella tarkoitetaan sellaista energiaa, joka hankitaan rakennuk-seen esimerkiksi sähkö-, kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkosta sekä uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä energiana (kuva 2). [63]



Kuva 2. Ostoenergiankulutuksen taseraja [63]

Rakennuksen ostoenergian kulutusta laskettaessa otetaan huomioon myös paikallisesti tuotettu energia eli uusiutuva omavaraisenergia, joka on hyödynnetty rakennuksen teknisissä järjestelmissä (kuva 2). Rakennuksessa käytetyllä omavarais-sähköenergialla tarkoitetaan rakennukseen kuuluvilla järjestelmillä tuotettua sähköä (esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmät), joka on käytetty rakennuksen muissa teknisissä järjestelmissä. Laskennassa ei oteta huomioon muualle toimitettua omavaraissähköenergiaa. [66]

Rakennuksen ostoenergiankulutus koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä niiden apulaitteiden (mm. puhaltimet ja pumput) energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä (kuva 2). Tämän lisäksi huomioidaan kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutukset. [63]

2.3.3.2 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän energiankulutus koostuu tilojen lämmitykseen, ilmanvaihdon lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden valmistukseen kulutetusta energiasta. Laskentasaännöissä on esitetty, että energiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon lämmönjaon ja -luovutuksen häviöt, lämmitysenergian tuoton häviöt ja muunnokset, lämpimän käyttöveden siirron, varastoinnin ja kiertojohdon häviöt sekä lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergiankulutus. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus eritellään sähkö- ja lämpöenergian osalta. [66]

Lämmitysjärjestelmän sähköenergiankulutuksen laskennassa otetaan huomioon lämmönjako- ja lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden, lämpimän käyttöveden kiertovesipumpun, aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen ja lämpöpumppujärjestelmän sähköenergiankulutukset (kWh/a). Edellä mainittujen lämmitysjärjestelmän apulaitteiden laskentamenetelmät kaavoineen on esitetty tarkemmin D5 laskentaohjeissa. [66]

2.3.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmä ja ominaissähköteho (SFP-luku)

Ilmanvaihtojärjestelmän energialaskennan lähtötietoina tarvitaan ilmanvaihtokoneiden sähkötehot tai SFP-luvut (Specific Fan Power) sekä ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus koostuu puhallinsähköstä ja mahdollisten apulaitteiden sähkökulutuksesta, joita ovat mm. pumput, taajuusmuuttajat tai muut tehonsäätölaitteet. Tuloilman lämmitys ja jäähdytys lasketaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien energiankulutuksen osana eli niitä ei huomioida ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutuksen laskennassa. [63, 66]

Laskentasäännöissä on esitetty, että sähköenergiankulutus lasketaan painehäviöiden, puhaltimien ja mahdollisten apulaitteiden hyötysuhteiden ja käyntiaikojen avulla, kaikille rakennuksessa oleville ilmanvaihtokoneille ja huippuimureille. Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiakulutuksen laskentamenetelmät kaavoineen, on esitetty tarkemmin rakentamismääräyskokoelman D5 laskentaohjeissa. [63, 66]

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholla (SFP-luvulla) kuvataan sitä, kuinka paljon järjestelmässä tarvitaan sähkötehoa, yhden ilmakeuution siirtämiseen sekunnissa (m^3/s). Suomen rakentamismääräyksissä on ohjeistettu, että ominaissähköteho saa olla enintään: [63, 67]

- $2 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ koneellisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä
- $1 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ koneellisessa poistoilmajärjestelmässä

Ominaissähköteho voi olla myös edellä mainittuja lukuarvoja suurempikin, jos esimerkiksi rakennuksen sisäilmaston hallinta edellyttää tavanomaisesta poikkeavaa ilmastointia. [63]

Ominaissähköteho SFP voidaan määritellä koko ilmanvaihtojärjestelmälle, yksittäiselle ilmanvaihtokoneelle sekä yksittäiselle puhaltimelle. Järjestelmäkohtaista SFP-lukua käytetään kokonaisenergiatarkasteluun ja konekohtaista SFP-lukua käytetään suunnittelu- tai hyväksyntävaiheessa, yksittäisen koneen suunnitelmien mukaisen sähkötehokuusvaatimuksen toteamiseen. [63, 67]

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$) on rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho (kW), jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitussulkoilmavirralla (m^3/s). Ilmanvaihtojärjestelmän sähköverkosta ottama sähköteho, sisältää puhaltimien moottoreiden sähkötehon lisäksi, mahdollisten LTO-pumppujen ja -moottorien sekä taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden sähkötehon (apulaitteet). Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP lasketaan käyttäen kaavaa: [63, 67]

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaitteet}}{q_{max}} \quad (1)$$

<i>SFP</i>	<i>ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$)</i>
<i>P_{tulo}</i>	<i>tuloilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä (kW)</i>
<i>P_{poisto}</i>	<i>poistoilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä (kW)</i>
<i>P_{apulaitteet}</i>	<i>apulaitteiden yhteenlaskettu sähköteho (kW)</i>
<i>q_{max}</i>	<i>mitoitettava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta (m^3/s)</i>

SFP-luvun merkitystä energiatehokkuuteen käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.2.1 *Ilmanvaihto*. SFP-luvun määrittely ja tarkemmat laskentakaavat on puolestaan koottu SFP-oppaaseen, johon on myös liitetty SFP-laskentatyökalu Excel-tiedostona (*SFP-Opas, ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon määrittämiseen, laskentaan ja mitaamiseen 2013*). [67]

2.3.3.4 Jäähdytysjärjestelmä

Laskentasäännöissä on esitetty, että jäähdytysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa, otetaan huomioon jäähdytysenergian tuotto ja apulaitteiden sähköenergiankulutus. [63]

Laskentaohjeissa on esitetty, että jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergiakulutukseen lasketaan jäähdytysenergian jakeluun tarvittava pumppausenergia sekä jäähdytysenergian luovutuksen tehostamiseen käytettävä energia, kuten esimerkiksi puhallin-konvektorin puhallinenergia. [66]

Sähköenergiakulutukseen ei lasketa ilmanvaihdon tai ilmastoinnin ilman siirtämiseen käyttämää puhallinenergiaa eikä jäähdytysenergian tuottoprosessin yhteydessä käytettävää energiaa. Jäähdytysjärjestelmän sähköenergiakulutuksen laskentamenetelmät kaavoineen, on esitetty tarkemmin D5 laskentaohjeissa. [66]

2.3.3.5 Valaistus ja kuluttajalaitteet (asuinrakennuksen laitesähkö)

Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden laskennassa tarvitaan lähtötietoina vähintään rakennustyypin ja rakennuksen pinta-ala.

Laskentasäännöissä on esitetty, että valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönkäyttö katsotaan samaksi niiden tuottamien lämpökuormien kanssa. Vuotuinen sähköenergiankulutus W (kWh/m²) lasketaan kaavalla: [63]

$$W = k \cdot P \cdot \frac{\tau_d}{24} \cdot \frac{\tau_w}{7} \cdot \frac{8760}{1000} \quad (2)$$

k	käyttöaste
P	lämpökuorma (W/m ²)
t_d	rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa (h)
t_w	rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa (d)

Laskentakaavassa käytettävät lähtötiedot ovat rakennuksen standardikäyttöön ja sisäisiin lämpökuormiin liittyviä lähtötietoja, jotka on esitetty taulukossa 2, luvussa 2.3.2 *Energialaskennan lähtötiedot*.

Laskentaohjeissa on esitetty, että mikäli valaistusjärjestelmä tunnetaan tarkemmin, voidaan valaistuksen sähkönkulutus laskea tilakohtaisesti, valaistustarpeen ja valaisinratkaisun perusteella. Valaistuksen sähköenergiakulutus voidaan tällöin laskea kaavalla: [66]

$$W_{\text{valaistus}} = \frac{\sum P_{\text{valaistus}} \cdot A_{\text{huone}} \cdot \Delta t \cdot f}{1000} \quad (3)$$

$W_{\text{valaistus}}$	valaistuksen sähköenergiankulutus (kWh)
$P_{\text{valaistus}}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho (W/hum ²)
A_{huone}	valaistavan tilan huonepinta-ala (hum ²)
Δt	valaistuksen käyttöaika (h)
f	valaistuksen ohjaustavasta riippuvia kertoimia:
	- läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin 0,70
	- päivänvalosäädin 0,80
	- läsnäolotunnistin 0,75
	- huonekohtainen kytkin 0,90
	- huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle 0,90
	- keskitetty päälle/pois ohjaus 1,00

Valaistuksen käyttöaika (Δt) saadaan muodostettua taulukon 2 mukaisilla lähtötiedoilla tai käyttäen laskentaohjeissa esitettyjä rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaiko-

ja. Asuinkerrostalojen, rivitalojen ja pientalojen tyypillisenä valaistuksen käyttöaikana voidaan käyttää 550 h/vuosi. [66]

Valaistuksen sähköenergiankulutuksen kaavassa tarvittava valaistuksen kokonaisteho, pinta-alayksikköä kohti, saadaan kaavalla: [66]

$$P_{\text{valaistus}} = \frac{E_i}{\beta \eta \eta_{\Phi}} \quad (4)$$

$P_{\text{valaistus}}$	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho (W/hum^2)
E_i	tilan i valaistusvoimakkuus (lx)
β	valaistuksen alenemakerroin:
	- puhdas ympäristö 0,70
	- keskinkertainen ympäristö 0,60
	- likainen ympäristö 0,50
η	valaistushyötysuhde:
	- suora valaistus 0,40
	- suora-epäsuora valaistus 0,35
	- epäsuora valaistus 0,30
η_{Φ}	lamppujen valotehokkuus (lm/W)

Valaistusvoimakkuus (E_i) on tilan valaistusvoimakkuuden suunnittelu-arvo tai standardin *SFS-EN 12464-1* mukainen ohjearvo valaistuvoimakkuudelle. Lamppujen valotehokkuuksina (η_{Φ}) voidaan käyttää laskentaohjeissa esitettyjä ohjearvoja: [66]

Lampputyyppi	lm/w	vaihteluväli
- Halogeenilamppu	12	10–24
- Pienloistelamppu	50	50–100
- Loistelamppu	80	50–100
- LED	50	40–100

Laskentaohjeissa esitettyjen lamppujen valotehokkuuksien osalta, kannattaa olla kriittinen, koska esimerkiksi LED lamppujen kehitys on hyvinkin nopeaa. Luvussa 3.4.7 *Valonlähteet* on esitetty tämän hetkisiä tyypillisiä lamppujen valotehokkuuksia.

Keskimääräisen valaistustehon laskennassa voidaan käyttää myös esimerkiksi DIALux-valaistuslaskentaohjelmaa, jolla laskenta voidaan suorittaa tilatyypikohtaisesti ja tulos saadaan suoraan pinta-aloilla painotettuna keskiarvona. Laskentaohjelma huomioi myös valaistuksen alenemakertoimet ja hyötysuhteet. Laskentaohjelman avulla laskenta pysytään suorittamaan käyttäen kohteeseen tulevien valaisimien todellisia tietoja, perustuen suhteellisen laajaan valmistajien tietokantaan.

Valaistuksen tilakohtaisia valaistustasoarvoja on annettu standardissa *SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus (Työkohteiden valaistus, Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus)*.

Rakennuksen kuluttajalaitteiden sähköenergiankulutus on laitesähkön yhteenlaskettu kulutus, lukuun ottamatta valaistusjärjestelmän, ilmanvaihtojärjestelmän sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien sähkönkäyttöä. Kuluttajalaitteiden sähköenergiakulutus laskeaan kaavaa 1 käyttäen. [63]

Energiatehokkuutta koskevien määräysten vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi tulee käyttää rakentamismääräyskokoelman osassa D3 kuluttajalaitteille esitettyjä arvoja. Muissa tarkasteluissa laitteiden sähköenergiankulutus voidaan myös määrittää taulukon

3 mukaisten asuinrakennusten laiteryhmiä ominaissähkökulutusten perusteella. [63, 66]

Taulukko 3. Asuinrakennusten tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskulutuksia [66]

Laiteryhmä	Asuinkerrostalon kulutus	Pientalon kulutus	Yksikkö
Talosauna	410	-	kWh/asunto
Talopesula	67	-	kWh/asunto
Hissi	23	-	kWh/asukas
Autopaikat	150	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	2	kWh/m ²
Liesi	340	520	kWh/kpl
Mikroaaltouuni	50	55	kWh/kpl
Kahvinkeitin	70	70	kWh/kpl
Astianpesukone	170	250	kWh/kpl
Jääkaappipakastin	740	270 (jääkaappi)	kWh/kpl
Jää-viileäkaappi	330	330	kWh/kpl
Kaappipakastin	380	380	kWh/kpl
Pyykinpesukone	130	240	kWh/kpl
Kuivausrumpu	300	300	kWh/kpl
TV	200	200	kWh/kpl
Video	95	95	kWh/kpl
PC	80	80	kWh/kpl
Huoneistosauna	8	8	kWh / lämmityskerta

2.3.3.6 Aurinkosähköjärjestelmät

Aurinkosähköjärjestelmiin liittyen ei ole annettu laskentasääntöjä, mutta laskentaohjeita käsitellään rakentamismääräyskokoelman osassa D5 sivuilla 66–68.

Rakennukseen liitetyn aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähköenergia W_{pv} (kWh/a) voidaan laskea ohjeissa esitetyllä laskentamenetelmällä. Menetelmä noudattaa standardin SFS-EN 15316-4-6 menettelytapaa, missä on esitetty kansalliset kertoimet ja taulukkoarvot. Laskentamenetelmä koskee ainoastaan rakennuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevan aurinkosähköjärjestelmän energiantuoton laskentaa. Laskentamenetelmä ei käsittele sähkön siirtoa, jakelua tai varastointia. [66]

Rakennuksessa käytetyn omavaraisenergian ($W_{\text{käytetty omasähkö}}$) osuus tuotetusta aurinkosähköjärjestelmän energiasta tulee tarkastella jollain muulla soveltuvalla menetelmällä, joka ottaa huomioon esimerkiksi varjostukset, mahdollisen varastoinnin ja sähkönkäytön ajalliset vaihtelut. [66]

Aurinkosähköjärjestelmien laskentamenetelmille on laadittu [Aurinkolämmön laskenta-
opas 2012](#), joka käsittelee laskentaa laajemmin ja yksityiskohtaisemmin.

2.3.3.7 Muut tekniset järjestelmät

Laskentasäännöissä on esitetty, että jos rakennukseen toteutetaan aurinkosuojaukseen liittyviä teknisiä ratkaisuja, on rakennukseen tulevan aurinkoenergian laskennassa otettava huomioon rakennuksessa olevat auringonsuojausratkaisut, joita ovat mm. rakenteelliset ratkaisut sekä markiisit, sälekaihtimet ja niiden ohjaukset. Lisäksi tulee huomioida ympäröivien rakennusten ja kasvillisuuden varjostukset. [63]

2.3.4 Määräystenmukaisuuden osoittaminen

Rakennusten energiatehokkuuden määräystenmukaisuus tulee osoittaa rakentamismääräyskokoelman osassa D3 asetettujen vaatimusten mukaisesti.

Rakennusten energiatehokkuuden määräystenmukaisuuden osoittamiseen liittyen on asetettu vaatimuksia mm. energiaselvityksen laadinnalle sekä laskentatyökaluille ja laskennasta saatavien tulosten esittämiselle.[63]

2.3.4.1 Energiaselvitys

Energiaselvitys on laadittava rakennusta suunniteltaessa sekä päivitettävä ja varmennettava pääsuunnittelijalla ennen rakennuksen käyttöönottoa. Energiaselvitykseen liittyen on ohjeistettu, että se sisältää yleensä seuraavat tarkastelut: [63]

- rakennuksen kokonaisenergiakulutus, E-luku
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho
- rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus
- rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa
- rakennuksen **energiatodistus**

Määräystenmukaisuuden osoittamisessa tulee huomioida myös rakentamismääräyskokoelman osassa A2 annetut säädökset rakennuksen suunnittelusta ja suunnitelmista sekä energiaselvityksen liittämistä rakennuslupahakemukseen. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeisiin liittyvät säädökset on annettu kokoelman osassa A4. [63]

2.4 Asuinrakennusten energiankulutus

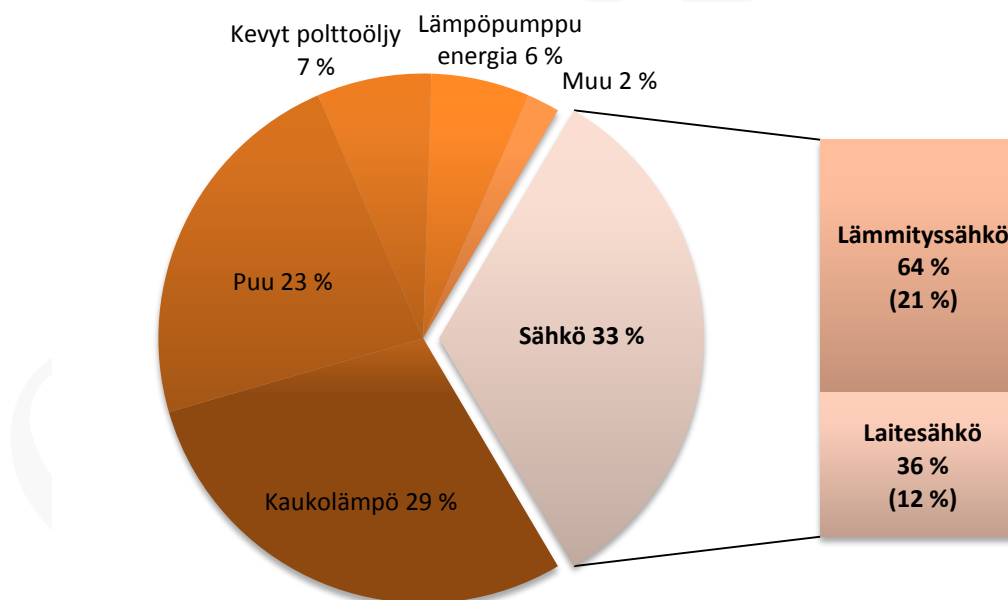
Suomessa rakennukset muodostavat noin 40 prosenttia kokonaisenergian loppukulutuksesta, josta asuinrakennusten osuus on noin 20 prosenttia (omakotitalot, kerrostalot ja rivitalot). Energiankulutus asuinrakennuksissa muodostuu pääosin lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, veden lämmitykseen sekä valaistukseen ja kuluttajalaitteisiin käytetystä energiasta. [68]

Ilmanvaihtoon, jäähdytykseen ja veden lämmitykseen käytettävä energia lasketaan lämmitysenergian osana, joten asumisen kokonaisenergiankulutus voidaan ilmaista yksinkertaisemmin lämmitykseen ja kotitalouslaitteisiin (laitesähkö) käytettynä energiana.

Asuinrakennusten lämmitykseen ja kotitalouslaitteisiin kului energiaa yhteensä 66 682 gigawattituntia (GWh) vuonna 2012. Lämmitysenergiankulutus kasvoi 11 prosenttia ja laitteiden energiankulutus laski 2 prosenttia vuoteen 2011 verrattuna. Tämä tarkoittaa sitä, että asumisen energiakulutus kasvoi 9 prosenttia vuoteen 2011 verrattuna. [69]

Asuinrakennusten lämmitykseen käytettiin vuonna 2012 yhteensä 58 600 GWh:a energiaa, joka on esitetty energialähteittäin eriteltynä kuviossa 2. Lämmitykseen käytettävän energian osuus asumisen kokonaisenergiakulutuksesta oli noin 67 prosenttia (kuvio 2). [69]

Asuinrakennuksissa käytettiin sähköä vuonna 2012 yhteensä 22 240 GWh:a, joka kasvoi 5 prosenttia vuoteen 2011 verrattuna. Sähkönkäytön osuus asumisen kokonaisenergiakulutuksesta oli 33 prosenttia, josta 64 prosenttia käytettiin asuinrakennusten lämmitykseen ja 36 prosenttia kotitalouslaitteisiin (kuvio 2). [69]



Kuvio 2. Asuinrakennusten kokonaisenergiankulutus vuonna 2012. [69]

2.4.1 Sähköenergian kulutus

Asuinrakennuksissa kuluu noin 22 TWh:a sähköä, josta kotitalouslaitteet kuluttavat noin 8 TWh:a ja sähkölämmitykset noin 14 TWh:a (perustuu vuoden 2012 tilastotietoihin).

Suurin osa asuinrakennusten sähkönkulutuksesta (64 prosenttia), on siis asuntojen lämmitykseen liittyvää sähkönkäyttöä (kuvio 2). Loput 36 prosenttia on asuinrakennusten kotitalouslaitteisiin liittyvää sähkönkäyttöä (kuvio 2 ja 3), joka jakautuu valaistuksen, ruuanlaiton ja muiden sähkölaitteiden sähköenergiankulutukseen. [69]

Ajanjaksolla 2006–2011 asuntojen sähkölukitus kasvoi lähes 2 TWh:a, joka on kokonaisuudessaan asuntojen lämmitykseen liittyvää sähkönkäyttöä. Laite- ja lämmityssähkönkäytön muutosta asumisessa vuodesta 2006 vuoteen 2011, voidaan tarkistella taulukosta 4. [70]

Taulukko 4. Asuntojen lämmityssähkön käytön muutos vuosina 2006–2011 [70]

Asuntotyyppi	Kerrostalo- huoneistot	Rivitalo- huoneistot	Pientalot
Laitesähkön käytön muutos 2006-2011	2 %	9 %	-7 %
Lämmityssähkön käytön muutos 2006-2012	72 %	9 %	18 %
Asuntojen lukumäärän muutos 2006-2013	5 %	3,80 %	3,90 %

2.4.1.1 Lämmityssähkö asuinrakennuksissa

Lämmitykseen käytettävän sähkön osuus asumisen kokonaisenergiakulutuksesta (kuvio 2) oli vuonna 2012 noin 21 prosenttia ja asumisen kokonaissähköenergiankulutuksesta noin 64 prosenttia.

Asuinrakennusten lämmitykseen käytettävän sähkön osuus (64 prosenttia) muodostuu suorasta ja varaavasta sähkölämmityksestä, sähköisestä lisälämmityksestä, sähköisestä lattialämmityksestä, lämpöpumppujen käyttämästä sähköstä, sähköllä lämmitetystä käyttövedestä, sähkökiukaista sekä lämmitysjärjestelmien ja lämmönjakolaitteiden sähköenergiankulutuksesta. [69, 70]

Vuoden 2011 tutkimustulosten perusteella, lämmityksen ja lämpimän käyttöveden sekä ilmanvaihdon osuus asuntojen sähkönkäytöstä oli noin 59 prosenttia. Tämä tarkoittaa sitä, että sähkölämmityksen energiankulutus kasvoi noin 5 prosenttia vuonna 2012 (taulukko 5). Perinteisen sähkölämmityksen osuus lämmityssähkön kulutuksesta oli hieman yli puolet. Perinteisen sähkölämmityksen ja lämpimän käyttöveden osuus lämmityssähkön kulutuksesta oli noin 70 prosenttia ja asuntojen kokonaiskulutuksesta 42 prosenttia. [70]

Yleisesti ottaen lämmityssähkön käyttö on kasvanut kaikissa asuntotyypeissä nopeammin kuin asuntojen lukumäärä. Kerrostalojen lämmityssähkön 72 prosentin kasvu on asuntotyypeistä suurin (taulukko 4). Tähän on vaikuttanut huoneistokohtaisen ilmanvaihdon ja sähköisten lattialämmitysten nopea kasvu ja yleistyminen.

Erityisesti pesutilojen lattialämmitysten lukumäärä on kasvanut huomattavasti. Yleisyys on noussut noin 19 prosentista 26 prosenttiin. Huoneistokohtaisen koneellisen ilman-

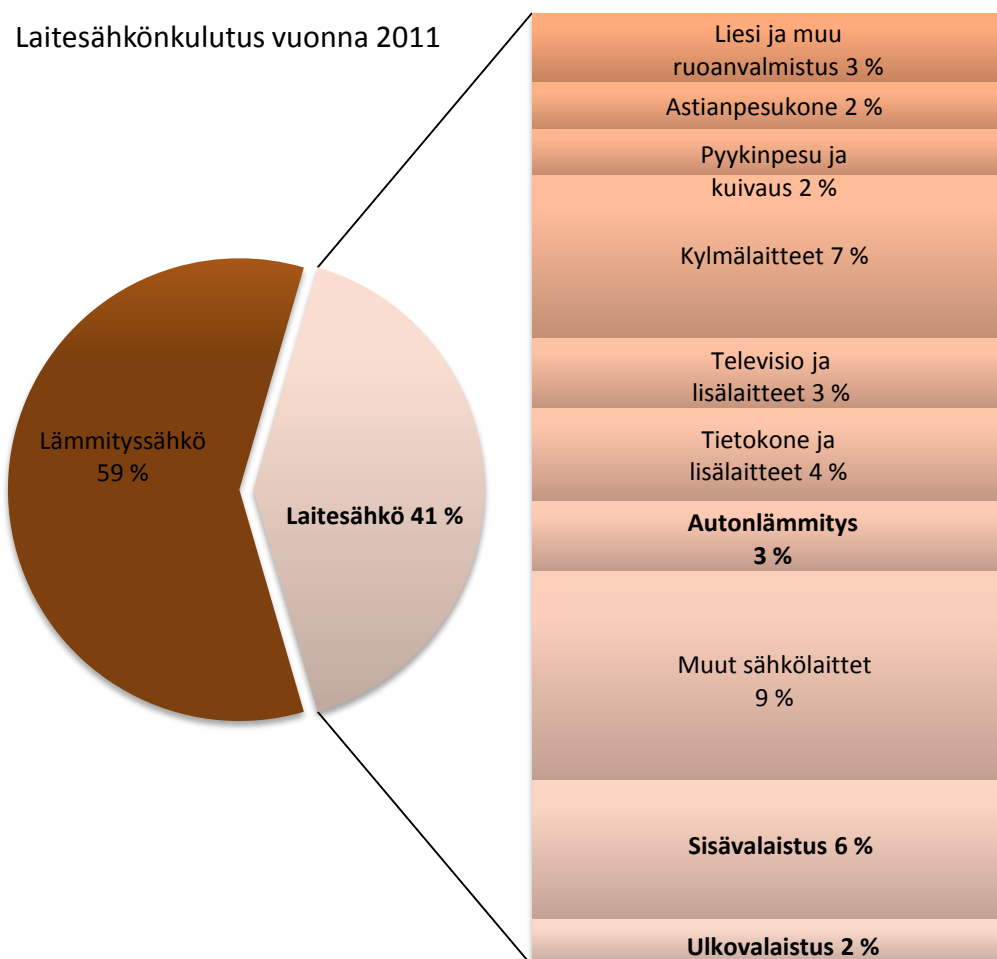
vaihdon käyttö kerrostaloissa on kaksinkertaistunut, mutta silti ratkaisu on suhteellisen harvinainen, sillä koneellista ilmanvaihtoa rakennetaan lähinnä uudisrakennuksiin. Koneellisen ilmanvaihdon yleisyys on noin 5 prosenttia. [70]

Taulukko 5. Asuntojen lämmityssähkön loppukäyttö vuonna 1993, 2006 ja 2011 [70]

Asuinrakennusten lämmityssähkön kulutus	1993		2006		2011		2012	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Asunnon lämmitykseen liittyvä kulutus								
Sähkökuuas	606	4 %	852	5 %	948	5 %	-	-
LVI-laitteet	483	3 %	621	4 %	861	4 %	-	-
Veden lämmitys								
Huonekohtainen	-		1242	7 %	1307	7 %	-	-
Keskuslämmitys	-		250	1 %	520	3 %	-	-
Asuintilojen lisälämmitys sähköllä, muut kuin sähkölämmitteiset asunnot								
Lattialämmitykset (sähkö)	0		206	1 %	464	2 %	-	-
Lämpöpumput	0		50	0 %	142	1 %	-	-
Muut asuintilojen lisälämmitykset sähköllä	-		60	0 %	122	1 %	-	-
Sähkölämmitys: Vesikiertoiset lämpöpumput								
Lämmitys maalämpö			125	1 %	287	1 %	-	-
Lämmitys muu vesikiertoinen lämpöpumppu			60	0 %	79	0 %	-	-
Asuintilojen lisälämmitykset sähköllä			20	0 %	29	0 %	-	-
Sähkölämmitys: Perinteinen sähkölämmitys								
Huonekohtainen			4823	27 %	4562	24 %	-	-
Vesikeskus (vastus)			550	3 %	681	4 %	-	-
Asuintilojen lisälämmitykset sähköllä			400	2 %	485	3 %	-	-
Lisärakennusten ja ulkotilojen sähkölämmitys								
Sähkölämmittimet lisärakennuksissa ja ulkotiloissa			209	1 %	303	2 %	-	-
Jäähdytys								
Jäähdytys			0	0 %	46	0 %	-	-
Yhteensä	7983	56 %	9469	54 %	11302	59 %	14233	64 %
Kaikki yhteensä	14362		17670		19237		22240	

2.4.1.2 Laitesähkö asuinrakennuksissa

Kotitalouslaitteisiin käytettävän sähkön osuus asumisen kokonaisenergiankulutuksesta (kuvio 2 ja 3) oli vuonna 2012 noin 12 prosenttia ja kokonaissähköenergiankulutuksesta noin 36 prosenttia. Kotitalouslaitteiden sähkönkulutus oli vuonna 2012 noin 5 prosenttia vähemmän kuin vuonna 2011. Vuoden 2011 laitesähkönkulutus on havainnollistettu kuviossa 3. [69, 70]



Kuvio 3. Laitesähkön kulutuksen jakauma vuonna 2011 [70]

Asuinrakennuksen laitesähkön kulutus muodostuu valaistukseen ja ruuanlaittoon sekä muihin sähkölaitteisiin käytetystä sähköstä. Vuoden 2011 tutkimustulosten perusteella (kuvio 3), kulutukseltaan kolme suurinta laitesähkoryhmää olivat valaistus (8 prosenttia), kodin elektroniikka (7 prosenttia) ja kylmälaitteet (7 prosenttia).

Asuinrakennusten sähkönkäytöstä valaistukseen kuluu siis noin 8 prosenttia, kun vielä vuonna 2006 valaistuksen osuus oli 14 prosenttia (taulukko 6). Valaistuksen sähkönkulutuksen pienentyminen johtuu pääosin siitä, että energiatehokkaiden valonlähteiden osuus on kasvanut perinteisten hehkulamppujen markkinoilta poistumisen jälkeen. [70]

Televisioiden sähkönkulutus on noin 3 prosentin luokkaa, mikä on 32 prosenttia vähemmän, mitä se on ollut vuonna 2006 (kuvio 3). Tähän on vaikuttanut laitekannan uusiutuminen, jonka myötä asuinrakennuksissa on yleistynyt mm. LCD-televisiot. Ekosuunnitteluasetuksen mukaisesti niissä on esimerkiksi valmiustilakulutus alle 1 W. [70]

Autonlämmitykseen käytettävän sähkön osuus asuinrakennuksien sähkönkäytöstä on noin 3 prosenttia ja määrä on selvässä kasvussa, koska lohkolämmittimen rinnalla käytetään yhä useammin sisätilalämmitintä. [70]

Taulukko 6. Asuntojen laitesähkön loppukäyttö [70]

Asuinrakennusten laitesähkön kulutus	1993		2006		2011		2012	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Ruoanlaitto								
Liesi ja muu ruoanvalmistus	796	6 %	653	4 %	632	3 %	-	-
Kodin sähkölaitteet								
Astianpesukone	125	1 %	261	1 %	367	2 %	-	-
Pyykinpesu ja kuivaus	316	2 %	391	2 %	373	2 %	-	-
Kylmälaitteet	2215	15 %	1461	8 %	1410	7 %	-	-
Televisio ja lisälaitteet	537	4 %	834	5 %	564	3 %	-	-
Tietokone ja lisälaitteet	-	-	407	2 %	848	4 %	-	-
Autonlämmitys	226	2 %	215	1 %	571	3 %	-	-
Muu	623	4 %	1468	8 %	1649	9 %	-	-
Valaistus								
Sisävalaistus	1541	11 %	2427	14 %	1230	6 %	-	-
Ulkovalaistus	-	-	85	0 %	290	2 %	-	-
Yhteensä	6379	44 %	8201	46 %	7935	41 %	8006	36 %

3 TALOTEKNISET RATKAISUT

3.1 Rakennusautomaatio

Energiatehokkuutta tavoiteltaessa, rakennusautomaatio on erittäin keskeisessä asemassa, sillä automaatiojärjestelmällä hallitaan seuraavan 10 vuoden aikana noin 70 prosenttia kiinteistön energiakustannuksista. [71]

Rakennusautomaatiolla saavutettavat hyödyt kohdistuvat olennaisesti kiinteistön ylläpidon suurimpaan vuotuisen menoeraan eli energiankulutukseen. Rakennuksen hyvä energiatehokkuus syntyy rakennusautomaatiolla valvottavista ja ohjattavista taloteknisistä kokonaisuuksista sekä niiden tarpeenmukaisesta käytöstä. Rakennusautomaatiota hyödyntäen saadaan myös tietoa rakennuksen toiminnasta ja energiankulutuksesta, jonka avulla rakennuksen energiankäyttöä voidaan tehostaa entisestään.

Rakennusautomaatiolla voidaan ohjata ja valvoa mm. seuraavia rakennuksen taloteknisiä kokonaisuuksia ja niiden toimintoja:

- ilmanvaihto
- lämmitys
- jäähdytys
- valaistus
- kulutuspisteet
- uusiutuvat energialähteet
- turvallisuus
- kulunvalvonta
- energia

Rakennuksen energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi automatisoimalla edellä esitettyjä taloteknisiä toimintoja sekä integroimalla useita järjestelmiä keskenään. Rakennuksissa voidaan valvoa esimerkiksi ilmanvaihdon ja lämmöntalteenoton toimintaa sekä vedenkulutusta. Esimerkiksi vedenkulutusta seuraamalla voidaan todentaa mahdollinen vesivuoto ja saada siitä hälytys, jolloin voidaan nopeasti vaikuttaa hukkaenergian syntymiseen. Mahdollisesta vesivuodosta hälytetään rakennuksen käyttäjälle, esimerkiksi asuinkerrostalossa huoltoyhtiölle sekä mahdollisesti myös asunnon käyttäjälle. Hälytyksen lisäksi voidaan venttiili sulkea automaattisesti ja näin ollen ehkäistä suuremmat vahingot. [72]

Kulunvalvonnalla puolestaan luodaan mm. turvallisuuden tunnetta, kun tyhjiäkin tiloja valvotaan sekä lisäksi kulunvalvontaa voidaan käyttää tilojen ilmanvaihdon tai valaistuksen tarpeenmukaiseen ohjaukseen, integroimalla kulunvalvonnan läsnäolotieto kyseisten järjestelmien ohjaukseen. [72]

Rakennusautomaation yksi keskeisistä osa-alueista ovat myös sellaiset energiatehokkaat laitteet, jotka pystyvät itsenäisesti ymmärtämään ympäristössä tapahtuvia muutoksia. Tämä on tärkeää erityisesti esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien moottoreissa ja jäähdytyksen pumpuissa. Hyvän hyötysuhteen omaava moottori ja oikein käytetty taajuusmuuttaja säästävät paljon energiaa, joka olennaisesti pienentää rakennuksen elinkaarikustannuksia sekä estää kasvihuonekaasupäästöjen syntymistä. [73]

3.1.1.1 Tavoitteet

Rakennusautomaatiolla tavoitellaan ja ylläpidetään laadullisesti parempia sisäilmasto-olosuhteita, kustannustehokkuutta sekä käyttäjäystävällisyyttä. Rakennuksen tehokkaan automaation ja sitä ylläpitävän valvutuneen käyttäjän avulla, voidaan rakennuksen monimutkaisetkin järjestelmät pitää optimialueillaan ja näin ollen saada kaikki hyöty irti rakennuksen energiatehokkuusinvestoinneista. [72]

Rakennusautomaatioinvestoinnin todelliset hyödyt eivät synny suoraan järjestelmä- ja laiteinvestoinneista vaan siitä, että niiden avulla rakennetaan ratkaisuja, joiden avulla kiinteistöä pystytään hallinnoimaan paremmin sekä saamaan parempaa, ajan tasalla olevaa informaatiota. Rakennusautomaatioinvestoinnille voidaan määritellä seuraavat keskeiset talotekniikkaa koskevat tavoitteet: [72]

- Taloteknisten toimintojen säätöjen ja ohjauksien toteuttaminen suunnitelmien edellyttämällä tavalla
- Taloteknisten toimintojen valvominen hälytyksin ja mittauksin
- Kulutus-, energiatehokkuus- ja tilastoinformaation tuottaminen rakennuksen toiminnallisen ja energiatehokkaan ylläpidon tueksi
- Selkeän, ymmärrettävän ja päivittäistä käyttöä tukevan käyttöliittymän tarjoaminen käyttäjälle ja ylläpitäjälle

3.1.2 Vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen

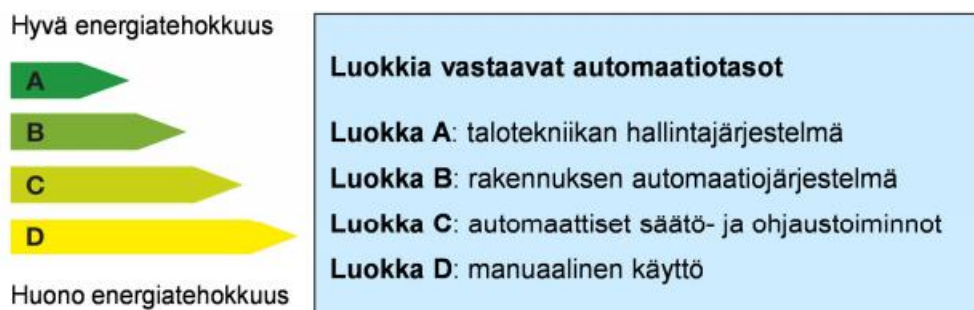
Rakennusautomaatiolla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennusten energiatehokkuuteen optimoimalla taloteknisten osajärjestelmien toiminta tarpeenmukaistetuilla käytöillä, valvomalla taloteknisiä toimintoja hälytyksin ja mittauksin sekä keräämällä ja tuottamalla reaaliaikaista informaatiota rakennuksen toiminnasta. Tällä tarkoitetaan sitä, että: [72]

- talotekniset toiminnot suunnitellaan ja toteutetaan automaatiota hyväksikäyttäen niin, että rakennuksen käyttö ja energiatehokkuus optimoituu
- taloteknisiä toimintoja valvotaan automaatiojärjestelmän avulla ja niistä hälytetään tarvittaessa, jolloin virhe- ja korjausajoista aiheutuva energiahukka saadaan minimoitua
- rakennuksen toiminnasta tuotetaan informaatiota, jota hyödyntämällä voidaan paremmin ymmärtää, verrata ja kehittää rakennuksen toimintaa sekä vaikuttaa kulutustottumuksiin

Rakennusautomaatioon ja energiatehokkuuteen liittyen erittäin keskeinen standardi on SFS-EN 15232 (*Rakennusten energiatehokkuus, Rakennusautomaation vaikutus*), jota hyödyntäen voidaan arvioida rakennusautomaatiojärjestelmien ja teknisten kiinteistönhoidon vaikutuksia rakennusten energiatehokkuuteen ja energiankäyttöön. Standardi antaa yhden tavan arvioida automaation kannattavuutta ja vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen suunnitteluvaiheessa. Todellinen energiatehokkuus kuitenkin saadaan selville vasta mittaamalla ja toteamalla toiminnan jälkeen. [51]

Standardissa on esitetty menetelmiä, joita voidaan hyödyntää rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa ja eri käyttötarkoituksiin, kuten uudis- ja korjausrakentamisen suunnitteluun, energiakatselmuksiin, minimivaatimusten esittämiseen sekä yksittäisten automaatio- ja ohjaustoimintojen tai toimintokokonaisuuksien vaikutusten arviointiin. [51]

Standardissa on listattu säädön, ohjausjärjestelmien, rakennusautomaation ja teknisen kiinteistönhallinnan toiminnoista, jotka vaikuttavat rakennusten energiankulutukseen. Standardissa jaetaan rakennusautomaatio neljään eri tehokkuusluokkaan, jotka esitetään kirjaimin A, B, C ja D (kuva 2). Sähköenergiankulutuksessa, rakennuksen automaation vaikutus, ilmenee D luokassa 10 prosentin lisäkulutuksena ja A luokassa 10 prosentin vähentyneenä kulutuksena. Lämmitys- ja jäähdytysenergiassa sama vaikutus vaihtelee 30 prosentin suuruisena. [51]

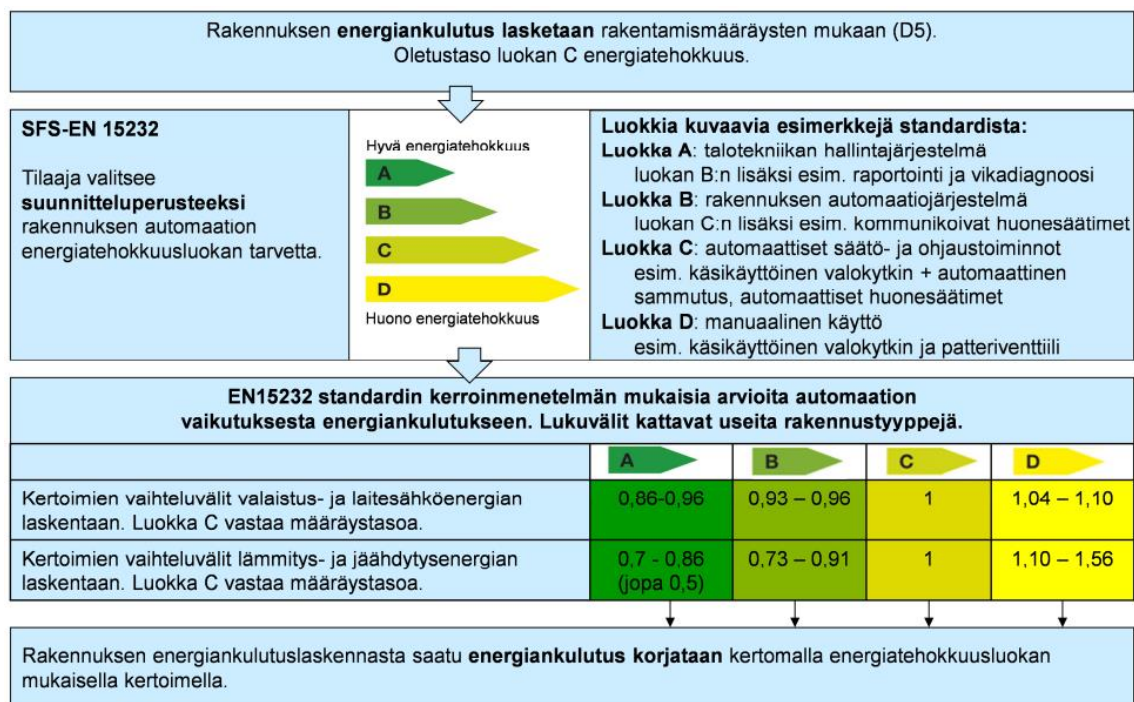


Kuva 2. Rakennuksen automaation tehokkuusluokat [51]

Rakennusautomaation energiatehokkuusluokittelu on yksi keskeisistä tekijöistä pyrittäessä EU:n energiatehokkuus tavoitteisiin. Standardin *SFS-EN 15232* pohjalta on laadittu ympäristöministeriön, *Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen – Opas ja perusteet*, joka käsittelee rakennuksen energiaa käyttävien laitteiden ja järjestelmien ohjausta ja valvontaa sekä automaation vaikutusta rakennusten energiatehokkuuteen. [51]

Rakennuksen automaation energiatehokkuusvaikutuksen arviointiin, on standardissa esitetty kaksi eri lähestymistapaa, ns. yksityiskohtainen menetelmä ja kerroinmenetelmä. Yksityiskohtainen menetelmä perustuu simulointiin, jossa rakennus järjestelmineen ja automaatio kuvataan yksityiskohtaisesti. Tämän kautta voidaan esittää automaation tuoma hyöty. [51]

Kerroinmenetelmä on yksinkertaisempi ja nopeampi soveltaa kuin yksityiskohtainen menetelmä. Kerroinmenetelmä perustuu välillisesti simulointiin, sillä erityyppisten rakennusten, kuten asuinrakennusten kertoimet on laskettu simuloimalla tyypillisiä rakennuksia ja niiden käyttötapoja. Ympäristöministeriön oppaassa käytetään ensisijaisena lähestymistapana kerroinmenetelmää. Rakennuksen automaation energiatehokkuusvaikutuksen arvioinnin etenemisperiaate, kerroinmenetelmää käyttäen, on esitetty kuvassa 3. Kuvasta nähdään myös kerroinmenetelmässä käytettävät energiatehokkuusluokan mukaiset kertoimet, jotka kuvasta vaikutusta D luokan lisääntyneenä kulutuksena ja A luokan vähentyneenä kulutuksena. [51]



Kuva 3. Energiatehokkuusluokkien vaikutuksen arviointi rakennuksen energiankäyttöön [51]

Ympäristöministeriön oppaan tueksi on lisäksi kehitetty *automaatiotason valintatyökalu*, jonka tarkoituksena on helpottaa kiinteistön omistajan ja suunnittelijan välistä kommunikointia. Oppaaseen ja siihen liittyvään Excel–työkaluun voi tutustua alla olevien linkkien kautta: [51]

- [Opas ja perusteet](#)
- [Automaatiotason valintatyökalu](#)

Automaatiotason valintatyökalun avulla suunnittelija ja kiinteistönomistaja voivat yhteistyössä kartoittaa rakennuksen automaation toiminnallisuuden, jonka avuksi on laadittu seitsemän valmista kysymystä. Kun rakennuksen automaation taso on valittu, voidaan työkalusta suoraan nähdä millaisilla ohjauksilla talotekniikan tarpeenmukainen käyttö ja energiatehokkuus varmistetaan. [51]

Työkalu soveltuu erinomaisesti esimerkiksi ns. lähtötietojen keruuseen, josta LVI- ja sähkösuunnittelija näkevät suoraan tarpeenmukaisten ohjauksien toteutustavat. Työkalusta nähdään myös automaation vaikutus rakennuksen laskettuun energiankäyttöön, eli paraneeko energiatehokkuus vai pysyykö se tavanomaisella tasolla. [51]

3.1.2.1 Luokka A, Talotekniikan hallintajärjestelmä

Luokka A vastaa korkean energiatehokkuuden mahdollistavaa automaatio- ja hallintajärjestelmää, jossa tärkeimmät energiatehokkuuteen liittyvät asiat on huomioitu kattavasti. Tehokkuusluokan A rakennuksen automaatio on usein toteutettu useilla järjestelmillä, jotka sisältävät kiinteistönhoitoon liittyvät keskeiset toiminnot, kuten tarpeenmukaiset ohjaukset sekä lisäksi integrointi muiden taloteknisten järjestelmien kanssa on toteutettavissa laajasti. [51]

Luokka A vastaa nykyaikaista ja edistynyttä rakennusautomaatiojärjestelmää, joka mahdollistaa reaaliaikaisen energiankulutuksen seurannan. Esimerkiksi asuinkerrosta-

loissa voidaan huoneistokohtaisesti mitata ja kerätä tietoa energiankulutuksesta, joka on nähtävissä reaaliajassa esimerkiksi huoneiston seinällä olevasta käyttöpaneelistä. Reaaliaikaisen energiankulutuksen seuranta on merkittävässä asemassa, kun halutaan vaikuttaa kuluttajien käyttötottumuksiin ja sitä kautta rakennuksen energiatehokkuuteen. [51]

Tehokkuusluokan A, rakennusautomaatiota käytetään ohjaamiseen, säätöön, energiankulutuksen seurantaan, raportointiin ja poikkeamien ennakointiin sekä analysointiin tarpeettoman tai suunnittelemattoman energiankulutuksen vähentämiseksi. A luokan rakennusautomaatio mahdollistaa tehokkaan energianhallinnan rakennuksessa, johon liittyen käyttäjä voi seurata tunti-, vuorokausi-, ja kuukausitasolla rakennuksen sähkön-, lämmön-, ja vedenkulutusta sekä lukea järjestelmän tulostamia kulutusraportteja, poikkeamahälytyksiä ja lisäksi ohjata valittuja osia. [51]

Luokka A vastaa **tavoitetason** mukaista rakennuksen automaatiota, johon kuitenkin käytännön rakentamisessa on vielä matkaa. [51]

3.1.2.2 Luokka B, Rakennuksen automaatiojärjestelmä

Luokka B vastaa edistynyttä rakennuksen automaatiota, joka on toteutettu rakennuksen automaatiojärjestelmällä ja tietyt säätö- ja automaatiotoiminnot on toteutettu C luokkaa paremmin. Ominaista luokan B järjestelmille ovat rakennuksen automaatiojärjestelmän kanssa tiedonsiirtoyhteyden välityksellä kommunikoivat huonesäätimet. Luokka B käsittelee sellaisen tason, jolla voidaan ohjata ja säätää automaattisesti rakennuksen eri järjestelmien toimintaa, tarpeenmukaisten käyttöjen toteuttamiseksi (esimerkiksi valaistuksen automaattinen ohjaus). Asuinrakennuksissa tämä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi valaistuksen automaattista ohjausta läsnäolotiedon mukaan tai lämmityksen aikataulutettua ohjausta. [51]

Luokka B vastaa **suositustason** mukaista rakennuksen automaatiota, jolla katsotaan olevan myös pienentävä vaikutus rakennuksen laskennalliseen energiankulutukseen. Suositustasolla rakennuksen automaatio kokonaisuutena tukee energian tehokasta ja tarpeenmukaista käyttöä. [51]

3.1.2.3 Luokka C, Automaattiset säätö- ja ohjaustoiminnot

Luokka C vastaa tavanomaisesti toteutettua rakennuksen automaatiojärjestelmää, joka toteuttaa automatisoidut säätö- ja ohjaustoiminnot. Luokan C automaation on tyypillisesti toteutettu pääosin keskitetyillä ohjaus-, säätö- ja rakennusautomaatiojärjestelmillä, mutta toiminnot voidaan toteuttaa myös erillisillä säätö- ja ohjauslaitteilla. [51]

Asuinrakennuksissa tämä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi valaistuksen ohjausta huonekohtaisilla kytkimillä tai huonekohtaisen ilmanvaihdon ohjausta ns. 4-asentoisella ”liesikupu” säätimellä.

Luokka C vastaa **minimitason** mukaista rakennuksen automaatiota, jonka ei katsota muuttavan laskettua energiakulutusta rakennuksessa. Tavanomaisesti toteutettu automaatiojärjestelmä vastaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 oletustasojen mukaisesti toteutettuja ohjauksia. [51]

3.1.2.4 Luokka D, Manuaalinen käyttö

Luokka D vastaa tehotonta rakennusautomaatiota, jonka toteutuksessa ei ole otettu huomioon energiatehokkuusasioita. Ratkaisut ovat tyypillisesti käsikäyttöisiä, kuten käsikäyttöiset patteriventtiilit, käsikäyttöiset valaistuksen ohjauskytkimet. [51]

Standardin mukaan uusia rakennuksia ei tulisi rakentaa lainkaan luokan D mukaan ja olemassa olevan rakennuksen luokan D mukainen automaatio tulisi peruskorjata. [51]

3.1.3 Taloteknisten osajärjestelmien optimointi

Talotekniikan optimoinnilla tarkoitetaan taloteknisten osajärjestelmien (LVI, sähkö jne.) tarpeenmukaistettuja käyttöjä ja niiden edellyttämiä ohjausratkaisuita. Tällä tarkoitetaan sitä, että talotekniikan osajärjestelmiä ohjataan ja säädetään läsnäolon ja/tai ilmanlaadun perusteella huone- tai tilakohtaisesti, käyttötarpeiden mukaan energiatehokkaasti. Rakennuksen ja talotekniikan energiatehokkuuden optimoinnissa korostuu säätötekniikka sekä rakennusautomaation asema, tarpeenmukaisten käyttöjen varmistamisessa ja talotekniikan osajärjestelmien yhteen sovittajana (integrointi).

Rakennuksen keskeisimmät talotekniikan osajärjestelmät, energiankulutuksen ja tarpeenmukaistettujen käyttöjen kannalta, ovat seuraavat: [51]

- Lämmitys
- Ilmanvaihto
- Jäähdytys
- Valaistus ja laitesähköenergia
- Lämpimän käyttöveden tuotto

Talotekniikan osajärjestelmiin löytyy monia vaihtoehtoisia toteutustapoja sekä kyseisille toteutustavoille useita erilaisia ohjausratkaisuita. [72] Talotekniikan osajärjestelmien optimoinnilla voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöpotentiaaleja asunnoissa ja rakennuksissa mm. seuraavilla ratkaisuilla (energiansäästöpotentiaali prosentteina): [74]

- | | |
|--|---------|
| - Päivänvalon hyödyntäminen valaistuksessa | 25–58 % |
| - Ilmanvaihdon ja ilmastoinnin automatisoitukäyttö | 20–45 % |
| - Lämmityksen automatisoitukäyttö | 7–17 % |
| - Yksilöllinen huonesäätö | 14–25 % |
| - Aurinkosuojauksen automatisoitukäyttö | 9–32 % |

Taloteknisten järjestelmien tarpeenmukaisella käytöllä ja sen edellyttämällä ohjauksella on merkittävä rooli rakennusten energiatehokkuuden varmistamisessa. Energiatehokkaat järjestelmät ja laitteet ovat turha investointi energiatehokkaassa rakentamisessa, jos niiden käyttöä ei optimoida tarpeenmukaisiksi ja niitä ei osata, ymmärretä tai viitsitä käyttää oikein. Tyypillisiä talotekniikan osajärjestelmien tarpeenmukaistettuja käyttöjä ovat esimerkiksi: [72]

- ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö ilmanlaadun perusteella, jonka ohjaus toteutetaan ilmamäärä-mittauksin (CO_2)
- tilojen tai huoneiden jäähdytys yöaikaan (ilmaisenergian hyödyntäminen)
- valaistuksen tarpeenmukainen käyttö, joka toteutetaan hyödyntämällä päivänvaloa ja/tai läsnäolotietoa

- tila- tai huonekohtainen tarpeenmukainen käyttö, jossa useita toimintoja on integroitu keskenään (esimerkiksi ilmanvaihdon, valaistuksen ja aurinkosuojauksen ohjaus, joka toteutetaan CO²-mittauksella sekä päivänvaloa ja läsnäolotietoa hyödyntämällä)

Ilmanvaihdon tarpeenmukaistettu käyttö ilmanlaadun perusteella vaatii ilmamäärämittauksen, jossa mitataan ilman kosteus- ja hiilidioksidipitoisuutta (CO²-mittaus) tila- tai huonekohtaisesti. Ilmamäärämittauksen avulla, tilan tai huoneen ilmanvaihtoa voidaan säätää esimerkiksi sen mukaan, kuinka paljon tilassa on käyttäjiä (kuormitusta). [72]

Läsnäolon perusteella toteutettu ohjaus vaatii läsnäolotiedon, joka voidaan integroida esimerkiksi kulunvalvonnasta tai valaistukseen käytettävistä perinteisistä kytkimistä tai käyttää erillisiä läsnäolotunnistimia. Asuinkerrostaloissa kulunvalvonnan tai erillisten läsnäolotunnistimien käyttöä ohjauksissa, voidaan käyttää lähinnä yleisissä tiloissa. Asuinhuoneistoissa puolestaan, läsnäolotiedon integroiminen esimerkiksi perinteisistä valaistuskytkimistä, on yksinkertainen ja edullinen ratkaisu ohjauksen toteuttamiseen. Tällaista ratkaisua voidaan käyttää esimerkiksi WC-tilan ilmanvaihdon tehostamiseen (esimerkiksi pientaloissa).

Taloteknisten osajärjestelmien tarpeenmukaistetut käytöt edellyttävät minimissään tavanomaisen (tehokkuusluokka C) toteutustavan mukaista rakennuksen automaatiota, joka toteuttaa ohjaus- ja säätötoiminnot automatisoidusti. Tällainen rakennuksen automaatio on useimmiten toteutettu pääosin keskitetyillä ohjaus-, säätö- ja rakennusautomaatiojärjestelmillä, mutta kyseiset toiminnot voidaan myös toteuttaa erillisillä säätö- ja ohjauslaitteilla. Tavanomaisesti toteutetun automaation ohjauksilla ja säädöillä ei katsoa kuitenkaan olevan vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. [51]

Erillisten säätö- ja ohjauslaitteiden suurin ongelma on yleensä se, että käyttäjä ei osaa, viitsi tai jaksa perehtyä kyseisen käytön tarpeenmukaisiin ohjaustapoihin. Tämä vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen, jossa asukas on omilla käyttötottumuksillaan rakennuksen suurin energiankuluttaja. Erillisissä säätö- ja ohjauslaitteissa korostuukin rakennuksen käyttäjien, eli asukkaiden ja kiinteistönomistajan valveutunut toiminta, jonka edistämisessä tärkeässä roolissa ovat mm. käytön opastus esimerkiksi erilaisten käyttöohjeiden muodossa. [72]

Taloteknisten järjestelmien optimoidut käytöt niin, että saavutetaan rakennuksessa parempi energiatehokkuus, edellyttää suositustason (tehokkuusluokka B) mukaista rakennuksen automaatiota. Suositustason automaatioissa on tietyt säätö- ja automaatiotoiminnot toteutettu C luokkaa paremmin, joka yleensä tarkoittaa keskitettyjä ohjauksia ja säätöjä rakennusautomaatiojärjestelmällä. [51]

Keskitetyt ohjaukset ja säädöt rakennusautomaatiojärjestelmällä perustuu siihen, että rakennuksen tiloja valvotaan ja mitataan jatkuvasti, jonka perusteella ilmanvaihtoa, lämmitystä, jäähdytystä ja valaistusta säädetään ja ohjataan automaattisesti tarpeen mukaan. Rakennusautomaatioon yhdistettynä järjestelmien energiatehokkuus sekä käyttö saadaan optimoitua parhaimmalla mahdollisella tavalla, eikä käyttäjän itse tarvitse huolehtia ohjauksista. [72]

Osajärjestelmien keskitetyt toiminnot ja integrointi keskenään, ovat keskeisessä roolissa rakennuksen energiatehokkaan käytön optimoinnissa. Esimerkiksi läsnäolotieto voidaan integroida kulunvalvontajärjestelmästä, jolla ohjataan keskitetysti ilmanvaihtoa tai valaistusta tai molempia samanaikaisesti. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi ilman-

vaihdon tehoa säädetään ja valaistusta ohjataan automaattisesti, sen mukaan miten tilaa tai huonetta käytetään. Tällaisia olosuhteita asuinrakennuksissa voi olla esimerkiksi asuinkerrostalojen yleisten tilojen ilmanvaihdon ja valaistuksen käytön optimointi.

Rakennusautomaatiojärjestelmässä käytettävillä ohjelmistoilla voidaan toteuttaa hyvin-kin monimutkaisia säätö- ja ohjaustapoja, mutta on myös tärkeää huomioida, että niiden tulee olla käytettävyyden kannalta ymmärrettäviä ongelmien minimoimiseksi. [72]

Tulee esimerkiksi harkita, mitkä ovat asuinrakennuksen energiatehokkuuden ja kuluttajan kannalta järkeviä optimointeja sekä millä saavutetaan todellinen hyöty energiatehokkuudessa. Esimerkiksi asuinkerrostalojen huoneistojen valaistuksen tarpeenmukainen ohjaus hyödyntämällä päivänvaloa, ei välttämättä ole käyttäjän kannalta tehokkain tai järkevin ratkaisu, koska kuluttajan tarpeet ja käyttötottumukset vaihtelevat pitkälti mielialan mukaisesti.

3.1.4 Lämpökuormien hallinta

Rakennuksen lämpökuormat muodostuvat rakennuksessa tapahtuvasta toiminnasta, valaistuksesta, sähkölaitteiden käytöstä ja ihmisistä sekä ikkunoista sisään tulevasta aurin-gon säteilyenergiasta. Lämpökuormien hallintaan liittyy kaksi keskeistä asiaa, ei toivot-tujen lämpökuormien minimointi ja toteutuneiden lämpökuormien mahdollisimman järkevä hyödyntäminen. Ylimääräisten lämpökuormien minimointi on keskeinen tekijä myös lämpötilan hallinnan kannalta. [51]

Lämpökuormien hallinnan merkitys korostuu varsinkin matalaenergiarakennuksissa, jotka ovat hyvin eristettyjä ja perustuvat usein myös rakenteiden lämpöä varaaviin oimi-naisuuksiin. Hyvät eristykset ja varaavat rakenteet johtava siihen, että ylimääräisten lämpökuormien vaikutus sisälämpötilaan voimistuu verrattuna perinteisiin rakennuksiin. [51]

Rakennusautomaatiolla voidaan vaikuttaa rakennuksen lämpökuormien minimointiin mm. seuraavilla keinoilla: [51]

- Valaistuksen ohjaus
 - suora vaikutus ylimääräisiin lämpökuormiin (valaistuksen energiankulu-tus katsotaan samaksi niiden tuottaman lämpökuormien kanssa)
 - päivänvalon hyödyntäminen valaistuksessa vähentää valaistuksen ener-giankulutusta
 - läsnäolotietoon tai rakennuksen käyttöön perustuva ohjaus vähentää te-hokkaasti valaistuksen energiankulutusta (ja koko rakennuksen)
 - päivänvalon ja keinovalon perusteella toimivat aurinkosuojausratkaisut, jotka tunnistavat eri käyttötilanteita
- Yhdistetty dynaaminen säätö
 - energiankäytön huippukuorman hallinta ja rakennuksen kokonaisener-giatarpeen vähentäminen (ilmanvaihto, lämmitys, jäähdytys, valaistus)

Lämpökuormia voidaan torjua tiettyyn rajaan asti, mutta kaikkia lämpökuormia ei voida torjua ja kaikkia ei välttämättä edes kannat torjua. Rakennuksen käytöstä syntyvät vält-tämättömät lämpökuormat, kuten esimerkiksi keittiö liedon tuottama lämpökuorma, tulisi hyödyntää mahdollisimman hallitusti ja järkevästi. Useat lämpökuormat ovat tyy-

pillisesti luonteeltaan sellaisia, että ne ovat riippuvaisia lämmöntarpeesta. Toisaalta lämmöntarve on riippuvainen lämpökuormista, jolloin lämpökuorma on luonnollisesti helposti ja oikea-aikaisesti hyödynnettävissä, kuten esimerkiksi varaajan lämpöhäviöistä osa voidaan hyödyntää lämmityksessä. [51]

Lämpökuormien hyödyntäminen vaatii tarpeenmukaisin ohjauksin toteutettuja talotekniikka järjestelmiä, jossa esimerkiksi lämpötilaa valvotaan ja ohjataan jatkuvasti, jolloin lämpökuormien hyödyntäminen on luontevaa ja niihin reagoidaan nopeasti. Sääätötekniikka on erityisen tärkeässä asemassa. [51]

3.1.5 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaatiojärjestelmän katsotaan parantavan asuinrakennusten laskennallista energiankulutusta, kun se on toteutettu keskitetysti, mukauttamalla automaatio käyttäjän käyttötottumusten mukaiseksi käyttämällä esimerkiksi aikaohjelmia, asetusarvoja ja tarpeenmukaisia ohjauksia (tehokkuusluokka B). Asuinrakennuksen automaation tehokkuusluokkien mukaan, ilman rakennusautomaatiojärjestelmää pysytään tavanomaisella tasolla (tehokkuusluokka C), jolloin rakennuksen energiatehokkuuteen ei vaikuteta merkittävästi suuntaan tai toiseen. Rakennuksen automaatiojärjestelmät voidaan jakaa käsitteisiin koti- ja rakennusautomaatiojärjestelmät (HBES/BACS). [51, 75]

HBES (Home and Building Electronic Systems) käsittää kotien ja rakennusten elektroniset järjestelmät. Järjestelmät jotka on toteutettu HBES avoin kommunikaatiojärjestelmällä, ovat erityinen muoto automatisoidusta, keskitetystä, hajautetusta prosessiohjauksesta, joka on kohdennettu kotien ja rakennusten sovelluksiin (kotiautomaatio). [75]

BACS (Building Automation and Control Systems) käsittää rakennuksen automaatiojärjestelmät sisältäen kaikki tuotteet, ohjelmistot ja palvelut automaattiseen säätöön, monitorointiin, manuaaliohjaukseen ja rakennuksen hallintaan (rakennusautomaatio). [75]

Rakennusautomaatiojärjestelmät ovat keskeisessä asemassa energiatehokkuustavoitteisiin pyrittäessä, jossa kokonaisuuden hallinnalla on tärkeä merkitys. Niiden avulla pystytään toteuttamaan helposti myös rakennusten energiankulutuksen mittauksille asetetut vaatimukset energiankulutuksen seurannasta. Energiankulutuksen reaaliaikaisella seuraamisella on suora vaikutus kuluttajien energiankäyttö tottumuksiin, joiden parantaminen on yhtenä tavoitteena pyrittäessä kohti energiatehokkuustavoitteita. [71, 72]

Rakennusautomaatiojärjestelmän toteutuksessa korostuu suunnittelijan ja käyttäjän välinen yhteistyö. Suunnittelija ei ole käyttäjä, eikä käyttäjä ole suunnittelija. Käyttäjän todelliset tarpeet on selvitettävä erilaisilla menetelmillä eli suunnittelijan ja käyttäjän on löydettävä yhteinen kieli, joka varmistaa rakennusautomaation tarpeenmukaisuuden. Mikäli rakennusautomaatiojärjestelmä on suunniteltu, rakennettu ja säädetty oikein sekä sitä käytetään asianmukaisesti, suunnitellut arvot olosuhteissa ja energiankäytössä saavutetaan. [71, 72]

Rakennusautomaatiojärjestelmällä valvotaan, ohjataan ja säädetään rakennukseen kuuluvien tilojen olosuhteita sekä taloteknisten järjestelmien toimintaa. Talotekniikan toimintaa ohjataan ja valvotaan niin, että tavoitellut sisäolosuhteet saavutetaan mahdollisimman pienellä energiankulutuksella eli toisin sanoen sisäolosuhteiden laadusta tinkimättä pyritään minimoimaan talotekniikan käytönaikaiset kustannukset. [71, 76]

Rakennusautomaatiojärjestelmä muodostuu tyypillisesti kenttälaitteista, alakeskuksista ja valvomolaitteista. Kenttälaitteet ovat mittalaitteita ja toimilaitteita, joilla vaikutetaan esimerkiksi ilmanvaihtokoneen ja lämmityksen toimintaan. Alakeskuksissa, joita nimitetään myös valvomon alakeskuksiksi (VAK), mittalaitteiden välittämät tiedot kerätään ja edelleen lähetetään ohjauskäskyinä toimilaitteille. Valvomolaitteet toimivat puolestaan käyttäjän ja järjestelmän välisenä rajapintana, jolla mahdollistetaan manuaaliset ohjaukset ja valvonta sekä niiden avulla saadaan havainnollistettua erilaisia mittauksia graafisin tulostein. [71, 76]

Talotekniikassa käytettäviä tyypillisiä automaatiojärjestelmiä ovat esimerkiksi:

- LON, avoin ohjelmoitava väyläjärjestelmä
- BACnet, avoin ohjelmoitava väyläjärjestelmä
- KNX, avoin ohjelmoitava väyläjärjestelmä

3.1.5.1 KNX–taloautomaatio

Edellä mainituista järjestelmistä, KNX on vahvassa nousussa oleva rakennusautomaatiojärjestelmä, jolla rakennuksen automatisointi voidaan toteuttaa helposti, monipuolisesti ja energiatehokkaasti. [77]

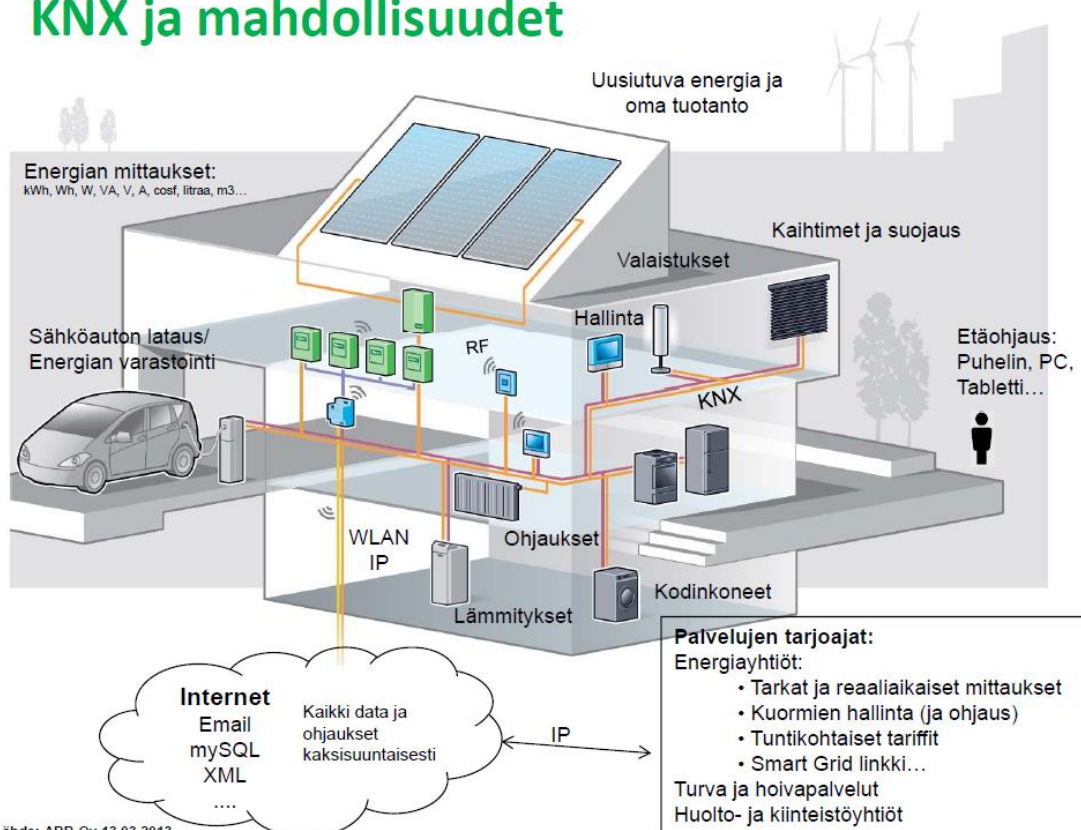
KNX on kansainvälinen avoin kiinteistöautomaatiostandardi, jota hyödyntämällä nykyaikaisista asuin- ja liikekiinteistöistä saadaan entistäkin nykyaikaisempia ja energiatehokkaampia. KNX standardi mahdollistaa eri valmistajien kattavan tuotevalikoiman yhteensopivuuden keskenään sekä ohjelmoimisen samalla työkalulla. [77]

KNX on ohjelmoitava väyläjärjestelmä, jonka keskeisenä ideana on yhdistää rakennuksen kaikki sähkönkäyttöön liittyvät toiminnot yhtenäiseksi älykkääksi verkoksi. Kaikkia väylään liitettyjä järjestelmiä voidaan ohjata myös toisilla järjestelmillä, välittämättä eri tekniikoista. Ohjelmoitava väyläjärjestelmä mahdollistaa myös rakennuksen tilojen toiminnan muuttamisen helposti rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa, ilman kaapelointiin tai rakenteisiin suoritettavia suuria muutoksia. [77]

KNX-järjestelmään voidaan liittää useita taloteknisiä osajärjestelmiä ja laitteita sekä muodostaa kokonaisuuksia, joita hallitsemalla parannetaan olennaisesti energiatehokkuutta (kuva 4). Järjestelmään voidaan liittää esimerkiksi: [78]

- Sähköjärjestelmät; valaistus ja pistorasiat (kulutuspisteet)
- LVI-järjestelmät; lämmitys, jäähdytys ja ilmanvaihto
- Turvajärjestelmät; palo- ja murtohälytys sekä kulunvalvonta
- AV-järjestelmät; äänentoisto ja kuvajärjestelmät
- Energian hallinta; mittarointi ja energiankulutuksen reaaliaikainen seuranta
- Aurinkosuojaukset; verhot ja markiisit
- Uusiutuva energia; tuotanto ja varastointi
- Sähköautot; lataus ja varastointi
- Valvonta ja ohjaus; paikallis- ja etäohjaus
- Kulutuslaitteet; kodinkoneet

KNX ja mahdollisuudet



Kuva 4. KNX ja mahdollisuudet [78]

KNX-järjestelmällä voidaan siis ohjata lukusia talotekniikan toimintoja, kuten valaistusta, lämmitystä, jäähdytystä, ilmastointia sekä muita integroituja järjestelmiä. Järjestelmällä voidaan myös valvoa ja mitata taloteknisiä toimintoja, joka mahdollistaa esimerkiksi rakennuksen energiankulutuksen reaaliaikaisen seurannan. Reaaliaikaisen seurannan avulla saadaan tarkkaa tietoa eri laitteiden sähkönkulutuksesta, joka helpottaa käyttäjän energiankulutuksen arviointia ja näin ollen käyttäjä voi vaikuttaa omilla toimillaan rakennuksen energiatehokkuuteen.

KNX-järjestelmä lisää turvallisuutta, kustannus- ja energiatehokkuutta sekä käyttömu- kavuutta ja joustavuutta. Järjestelmä soveltuu mm. toimistorakennuksiin ja asuinra- kennuksiin, niin kerrostaloihin kuin pientaloihinkin. KNX-taloautomaatiojärjestelmän mahdollisuuksista ja eduista löytyy kattavasti tietoa [KNX Finland](#) kotisivuilta. [77]

3.1.5.2 Esimerkki: KNX-järjestelmä asuinkerrostalossa

Asuinkerrostaloissa voidaan KNX-rakennusautomaatiota käyttää mm. huoneistojen lämmityksen, valaistuksen sekä kulutusasteiden ohjaukseen. Tarkoituksena on, että huoneistojen sähköistyksestä tulee osa energiatehokasta ohjausjärjestelmää. [73]

Huoneistojen lämmitystä, valaistusta ja kulutusasteita voidaan ohjata esimerkiksi koto- na/poissa-kytkimellä, jolla asunnosta poistuttaessa kaikki valot sammuvat ja ohjatut kulutusasteet (esim. keittiön pistorasiat ja liesi) kytkeytyvät pois päältä sekä lämmitys- termostaatit ohjautuvat pudotustilaan. Palattaessa asuntoon kotona/poissa-kytkimestä saadaan kaikki toiminnot normaalitilaan. Tämä luo käyttäjälle turvallisuuden tunnetta sekä ennen kaikkea energiansäästöä. [73]

Huoneistoista voidaan myös mitata veden, sähkön ja lämpöenergian kulutusta. Kulutusta voidaan seurata lähes reaaliaikaisesti ja asunnon käyttäjä voi itse tarkkailla sitä seinällä olevasta käyttöpaneelistä. Vedenkulutuksen seurantaan voidaan liittää lisäksi kosteusvahdit, jolloin mahdollisen vesivuodon syntyessä järjestelmä tekee hälytyksen ja sulkee venttiilin automaattisesti. Asuinkerrostalossa hälytys voidaan siirtää suoraan huolto-yhtiöön sekä asunnon käyttäjälle, esimerkiksi suoraan älypuhelimeen. [73]

Kulutuksen seurannalla on suora vaikutus käyttäjän omien valintojen ja tottumuksien muuttumiseen energiasäästön hyväksi. Lisäksi se luo myös turvallisuuden tunnetta, kun tiedetään, että mahdolliset vesivuodot ehkäistään automaattisesti.

3.2 Ilmanvaihto, lämmitys ja jäähdytys

Ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen energiatehokkaissa ratkaisuissa korostuu LVI-tekniikan osajärjestelmät ja säätötekniikka sekä rakennusautomaatio, jonka tarkoituksena on varmistaa talotekniikan optimoitu ja energiatehokas käyttö.

Sähkönkäyttöön liittyviä keskeisiä tekijöitä ovat järjestelmissä käytettävät sähkölaitteet, joiden määrittämisessä tulee kiinnittää erityistä huomiota niiden energiatehokkuuteen sekä hyötysuhteisiin. Energiatehokkaat laitteet koskevat mm. ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien apulaitteita, kuten moottoreita ja pumppuja. Järjestelmien puhallin- ja pumppukäyttöjen tarpeenmukaisessa käytössä, keskeisessä asemassa ovat myös mahdolliset taajuusmuuttajat tai muut tehonsäätölaitteet

Sähkönkäyttöön liittyen keskeisiä tekijöitä ovat lisäksi mm. ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, lämmöntalteenotto ja mahdollinen sähköinen esilämmitys. Lämmitysjärjestelmiin liittyen keskeisiä tekijöitä ovat sähkölämmitysjärjestelmiin lukeutuvat osajärjestelmät, kuten esimerkiksi mukavuuslattialämmitykset ja sulanapitolämmitykset.

Näihin liittyen keskeisimmät tekijät liittyvät mitoituksiin sekä tarpeenmukaistettuihin käyttöihin. Tässä oppaassa käsitellään energiankäytön tehostamisen mahdollisuuksia, jossa keskeisin tekijä on osajärjestelmien tarpeenmukaisissa käytöissä.

3.2.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on yksi keskeisistä tekijöistä nykyaikaisissa rakennuksissa, jolla hallitaan rakennusten sisäilmaolosuhteita. Ilmanvaihdon tehtävänä on huolehtia sisäilman laadusta, poistamalla ilmasta epäpuhtauksia ja kosteutta, sekä tuomalla tiloihin puhdasta ja sopivan lämmintä ilmaa. Laadullisesti hyvä sisäilma vähentää sairauksia, lisää viihtyvyyttä ja parantaa työskentelyn tehoa. [63, 67, 79]

Suomen rakentamismääräyksissä on esitetty, että ilmanvaihdon energiatehokkuus tulee varmistaa rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla tinkimättä terveellisestä, turvallisesta ja viihtyisästä sisäilmastosta. Tämä edellyttää kokonaisuuden hallintaa, jossa korostuu tarkoituksenmukaiset suunnittelu- ja toteutusratkaisut sekä ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö ja kunnossapito. [63]

Rakennusten ilmanvaihto perustuu paine-eroon, joka saadaan aikaan joko koneellisella ilmanvaihdolla tai painovoimaisella ilmanvaihdolla. Koneellinen ilmanvaihto perustuu

luvulla, oikeilla laitevalinnoilla sekä käyttämällä tarpeenmukaista lämmöntalteenottoa. [63, 67]

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP kuvaa järjestelmän sähkötehokkuutta eli paljonko tarvitaan sähkötehoa yhden ilmakehän siirtämiseen sekunnissa. Tämä osoittaa tavallaan ilmanvaihdon sähkönkäytön hyötysuhteen eli mitä pienempi SFP-luku on, sitä pienemmällä sähköteholla ilman kuljettaminen tapahtuu. SFP-luku on käytännössä ilmanvaihtojärjestelmän kokonaispainehäviö jaettuna kokonaisyhtäläisyydellä, joten siihen voidaan vaikuttaa mm. kanaviston painehäviöitä ja puhaltimen kokonaisyhtäläisyyttä muuttamalla. Toisin sanoen siihen voidaan siis vaikuttaa esimerkiksi ilmanvaihtokanaviston kokoa tai moottorin hyötysuhdetta muuttamalla. [63, 67]

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP on rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien, taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden sekä mahdollisten LTO-pumppujen ja moottorien sähköverkosta ottamaa yhteenlaskettua sähkötehoa, joka jaetaan ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla.

SFP-luvun määrittämistä tarkasteltiin luvussa 2.3.3 (*Energialaskennan laskentasäännöt ja -ohjeet*), jossa esitettiin, että ominaissähköteho saa olla enintään: [67]

- 2 kW/(m³/s) koneellisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä
- 1 kW/(m³/s) koneellisessa poistoilmajärjestelmässä

Ominaissähkötehon käyttö ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuuden arvioinnissa ottaa huomioon koko järjestelmän tehokkuuden, ei pelkästään järjestelmän puhaltimien käyttämää sähkötehoa. SFP-lukuarvo sisältää koneiden kaikkien toimintojen hyvät tai huonot puolet, kuten mm. eri toiminto-osien painehäviöt ja puhaltimen, moottorin ja käytön hyötysuhteet sekä osien väliset liitäntähäviöt. Ominaissähköteho on koko ilmanvaihtojärjestelmän ominaisuus, jonka avulla voidaan ohjata puhaltimien käyttämä sähköteho halutulle tasolle sekä estää sellaisten ilmanvaihtojärjestelmien rakentaminen, jotka käyttävät tarpeettoman paljon energiaa. [67]

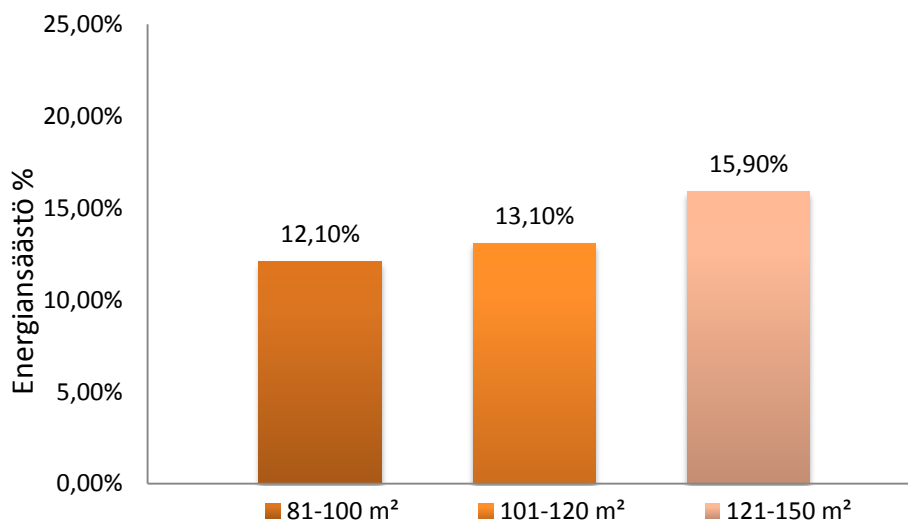
SFP-luku on tarkoitettu apuvälineeksi, jolla voidaan ohjata toteutettavan ilmanvaihtojärjestelmän sähkötehokkuustaso haluttuun arvoon. Samalla sitä voidaan käyttää työkaluna varmistamaan, että ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelu- ja toteutusprosessi johtavat energiatehokkaaseen lopputulokseen. Käyttämällä SFP-lukua järjestelmän mitoituksessa ja laitteiden valinnassa, voidaan merkittävästi vaikuttaa ilmanvaihtojärjestelmien taloudellisuuteen. [67]

Vaikka SFP-lukua käytetään energiatehokkuuden arviointiin, ei tarkoituksena kuitenkaan ole pyrkiä mahdollisimman alhaiseen lukuarvoon, ainakaan sisäilmaston kustannuksella tai heikentämällä ilmanvaihdon tai rakennuksen muuta energiatehokkuutta. [67]

3.2.1.2 Lämmöntalteenotto (LTO)

Lämmöntalteenottoa käytetään tuloilman esilämmittämiseen, jolla poistoilman (jäteilman) energiasta saadaan osa hyödynnettyä takaisin tuloilmaan ja näin ollen vähennettyä lämmitysenergian tarvetta. Keskeisiä tekijöitä ovat säätötekniikka, korkean hyötysuhteen omaava LTO ja sen käytön tarpeenmukaistaminen. [81]

Lämmöntalteenotolla voidaan saavuttaa 12–16 prosenttia säästö ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksessa, suhteessa rakennuksen lämmitettävään pinta-alaan. Kuviossa 4 on esitetty lämmöntalteenotolla saavutettavat sähkönkäytön energiansäästö-potentiaalit verrattuna rakennuksiin, joissa on ilmanvaihto ilman lämmöntalteenottoa. [82]



Kuvio 4. LTO:lla saavutettavat sähkönkäytön energiansäästöpotentiaalit [82]

Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ilmanvaihtokoneet ovat lähes poikkeuksetta varustettu LTO:lla, jonka tyyppi riippuu ilmanvaihtokoneen käyttötarkoituksesta. Yleisimmät käytettävät LTO tyypit tuloilmakoneilla ovat: [81]

- Pyörivä lämmönsiirrin
- Levylämmönsiirrin
- Vesiglykolilämmönsiirrin

Pyörivässä lämmönsiirtimessä pieni osa jäteilmasta siirtyy tuloilmaan ja alhaisilla ulkolämpötiloilla poistoilman kosteutta siirtyy tuloilmaan. Pyörivän lämmönsiirtimen talteenotto tehoa voidaan säätää, vaikuttamalla kiekon pyörimisnopeuteen. Pyörivän lämmönsiirtimen hyötysuhde on erinomainen, se voi olla yli 80 prosenttia. [81]

Levylämmönsiirtimessä tulo- ja poistoilma pysyvät täysin erillään. Lämmönsiirtimen sulatus ja talteenoton säätö tapahtuu ohittamalla ulkoilmavirtaa lämmönsiirtimen ohi, heikkoutena on herkkä huurtuminen tai jäätyminen kylmissä olosuhteissa. Levylämmönsiirtimen hyötysuhde, rakenteesta riippuen, on luokkaa 50–80 prosenttia. [81]

Vesiglykolilämmönsiirtimessä tulo- ja poistoilma pysyvät myös erillään. Lämpöä siirretään ulko- ja poistoilmoihin sijoitetuilla lamellisilla lämmönsiirtimillä, joissa kiertää vesi-glykoliseos. Vesiglykolilämmönsiirtimen talteenotto tehoa sekä huurtumisen estoa, voidaan säätää kolmitie-venttiilillä, jolla säädetään lamelleilla kiertävän vesi-glykoli seoksen määrää. Vesiglykolilämmönsiirtimen hyötysuhde on yleisesti luokkaa 40–60 prosenttia. [81]

Tällä hetkellä ilmanvaihtojärjestelmien LTO:n hyötysuhde voi olla parhaimmillaan jopa 85 prosenttia. Esimerkiksi Enstolla on pyörivällä LTO:lla varustettuja järjestelmiä (*Enervent*), jotka pystyvät hyödyntämään 85 prosenttia poistoilman lämmöstä. Sen sijaan, että lämmin käytetty +20 °C ilma puhallettaisiin ympäristöön, lämpöenergia otetaan talteen poistoilmasta. Ulkoilman ollessa esimerkiksi -20 °C, puhalletaan poistoilma

talosta -14 °C, joka mahdollistaa korkean energiahyötysuhteen. Lisäksi järjestelmät mahdollistavat yön aikaisen ilman jäädytyksen, ottamalla talteen yöviileän ilman ja jäädyttämällä sen avulla tuloilman (ns. ilmaisen energian hyödyntäminen). [83]

3.2.2 Lämmitys

Vuonna 2012 lämmityksen osuus asumisen kokonaisenergiankulutuksesta oli noin 67 prosenttia (*2.4 Asuinrakennusten energiankulutus*) eli lämmitysenergia muodostaa suurimman osan asuinrakennusten energiankulutuksesta. Lämmitysenergian kulutus asuinrakennuksissa jakaantuu lähes tasan rakennuksen johtumishäviöiden, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmityksen kesken. Lämmityksen kokonaisenergiankulutus muodostuu rakennuksen tilojen, ilmanvaihdon ja käyttöveden lämmitykseen käytetystä energiasta sekä apulaitteiden käyttämästä sähköenergiasta. [66, 84]

Rakennuksen johtumishäviöillä tarkoitetaan rakennuksen vaipan läpi siirtyvää lämpöä, jonka saa aikaan sisä- ja ulkoilman välinen lämpötilaero. Lämmönsiirtymisen määrään vaikuttavat rakenteelliset ratkaisut, kuten eristykseen määrä ja rakenteen tiiviys. Tyypillinen pientalon huonetilojen lämmitykseen kuluva lämmitysenergia on noin 40–60 prosenttia koko lämmitysenergiasta. [66, 84]

Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutukseen vaikuttavat ilmamäärät ja ilmanvaihtojärjestelmä itsessään. Lämmöntalteenotolla voidaan vähentää ilmanvaihdon lämmönkulutusta parhaimmillaan yli puolella verrattuna tavalliseen poistoilmanvaihtoon. Ilmanvaihdon tuloilman esilämmitykseen kuluu tyypillisesti noin 5–15 prosenttia koko lämmitysenergiasta. Tyypillisesti tuloilma esilämmitetään vesikiertoisella lämmityspatterilla, mutta myös sähköä käytetään joissakin tapauksissa. [84, 85]

Lämmitetyn käyttöveden energiankulutukseen vaikuttavat käytetty veden määrä, putkistojen eristystaso sekä käyttövesiverkostoon liitetyt lämmityslaitteet. Lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluu tyypillisesti noin 10–25 prosenttia koko lämmitysenergiasta. Käyttöveden lämmityksen kulutukseen vaikuttaa merkittävimmin asukkaiden omat käyttötottumukset, joihin pyritään vaikuttamaan mm. kulutusta mittaamalla ja seuraamalla. [84, 85]

3.2.2.1 Energiatehokas lämmitys

Rakennuksen lämmityksen energiatehokkuuteen vaikuttaa monta tekijää, kuten rakenteet, lämmitysjärjestelmän valinta, energiatehokkaat laitteet ja tarpeenmukaiset ohjaukset sekä kunnossapito. Merkittävin tekijä lämmityksen energiatehokkuudessa ovat rakennuksen rakenteelliset ratkaisut, jotka määrittävät rakennuksen lämmitysenergiatarpeen. Kuten aiemmin esitettiin, lämmitysenergiatarpeen pienentäminen rakennuksen lämpöhäviöiden minimoimisella on rakentamisen perustana. [66, 51]

Tämän jälkeen keskeinen tekijä on lämmitysjärjestelmän valinta, energiatehokkaat laitteet ja mahdolliset tukilämmitysjärjestelmävalinnat sekä lämmityksen tarpeenmukainen käyttö. [51]

Viimeisenä energiatehokkaassa rakentamisessa tulee lämmityksen energiamuodon valinta. Asuinrakennuksissa käytettäviä tyypillisiä lämmitysmuotoja ovat (vuoden 2012 asumisen lämmityksen kokonaisenergianosuus huomioituna): [86]

- Kaukolämpö (29 prosenttia)
- Puulämmitys (23 prosenttia)
 - Pilkelämmitys
 - Pellettilämmitys
 - Hakelämmitys
- Sähkölämmitys (21 prosenttia)
 - Suora sähkölämmitys
 - Varaava sähkölämmitys
- Öljylämmitys (7 prosenttia)
- Lämpöpumput (6 prosenttia)
 - Maalämpöpumput
 - Poistoilmalämpöpumput
 - Ilma-vesilämpöpumput
 - Ilmalämpöpumppu
- Aurinkoenergia
 - Aurinkolämpö
 - Aurinkosähkö

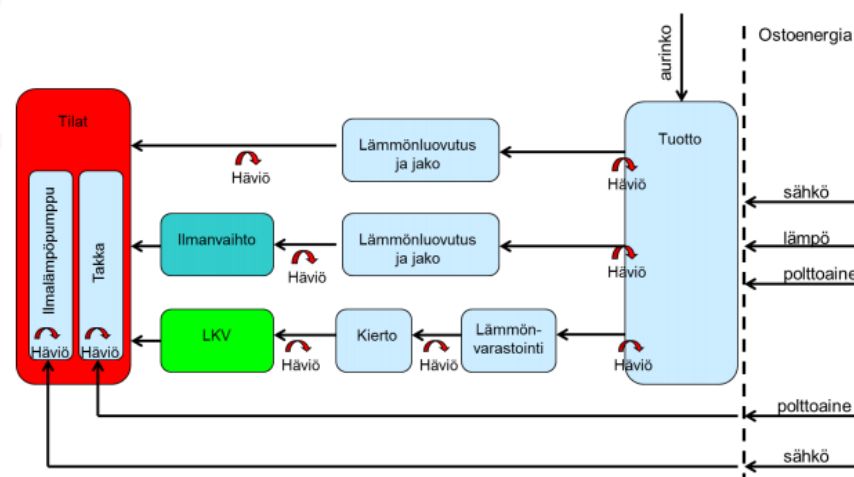
Kyseisistä lämmitysmuodoista ilmalämpöpumppua ja aurinkoenergiaa käytetään tyypillisesti tukilämmitysjärjestelmänä. Muita tukilämmitysjärjestelmiä ovat esimerkiksi tulisijat ja pellettitakat. [86]

Rakennusten lämmitysvaihtoehtojen kustannusvertailua voi tehdä esimerkiksi Motivan [lämmitystapojen vertailulaskurilla](#).

Lämmitysjärjestelmät

Rakennusten lämmitysjärjestelmät ovat keskeinen tekijä asumismukavuuteen ja käyttökustannuksiin liittyen. Lämmitysjärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jolla lämmitysenergiaa tuodaan rakennuksen tiloihin, tuloilmaan ja käyttöveteen (kuva 5). [66]

Sähkönkäytön kannalta merkittävimmät tekijät lämmitysjärjestelmän energiatehokkuudessa on käytönaikaisen energiankulutuksen minimointi, jossa keskeisessä roolissa on energiatehokkaat moottorit ja pumput sekä tarpeenmukaistetut käytöt.



Kuva 5. Lämmitysjärjestelmän periaatekuva [66]

Energiatehokkaan lämmitysjärjestelmän lähtökohtaisena investointina voidaan nykyisin pitää sitä, että rakennetaan sellainen talo, joka tarvitsee mahdollisimman vähän lämmitysenergiaa. Todennäköistä kuitenkin on, että energian hinta eri muodoissaan tulee kasvamaan rakennuksen elinkaaren aikana, joten tästä syystä lämmitystarpeen pienentämiseen tähtäävät investoinnit tulevat aina kannattavammaksi takaisinmaksuaikojen lyhentyessä. Tämä on myös tämän hetken rakentamisen suunta, jossa lämmitystarpeiden minimointi on rakentamisen perustana, tavoiteltaessa EU:n asettamia lähes nollaenergiarakentamisen tavoitteita. [86]

Rakennuksen rakenteellisten ratkaisujen eli lämpöhäviöiden minimoimisen jälkeen, kannattaa lämmitysjärjestelmän valinnassa aina kiinnittää huomiota ympäristövaikutuksiin, käytön vaivattomuuteen sekä energiakustannuksiin nyt ja tulevaisuudessa. Ympäristövaikutusten kannalta paras ratkaisu on rakentaa mahdollisimman vähän energiaa kuluttava asuinrakennus, jota lämmitetään mahdollisuuksien mukaan uusiutuvalla energialla. Uusiutuvien energioiden käyttö pienentää merkittävästi rakennuksen ostoenergian tarvetta ja joissakin tapauksissa voi olla myös edellytyksenä pyrittäessä mahdollisimman energiatehokkaaseen rakennukseen, kuten esimerkiksi lähes nollaenergiarakentamisessa. [86]

Tyypillisesti asuinrakennusten lämmitykseen on käytetty ns. hybridilämmitystä, jolla tarkoitetaan useamman lämmitysmuodon yhdistelmää. Yhdistelmälämmitykset voivat muodostua esimerkiksi kaukolämmöstä, suorasta sähkölämmityksestä ja aurinkosähköstä. Yleisin yhdistelmälämmitys esimerkiksi kaukolämpökerrostaloissa on vesikiertoinen patterilämmitys ja kosteiden tilojen sähköinen mukavuuslattialämmitys sekä joissakin tapauksissa myös tuloilman jälkilämmitys on toteutettu sähkölämmityksellä (sähköiset lämmittimet). [86]

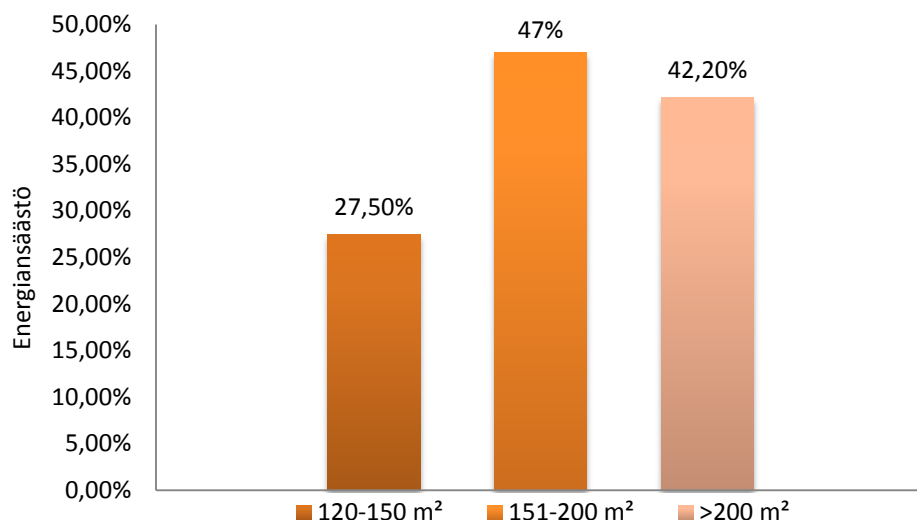
Asuinkerrostaloista lähes 95 prosenttia on kaukolämmitettyjä ja usein asuinkerrostalojen lämmitysjärjestelmän valintaan ei voidakaan tai ei ole kannattavaa vaikuttaa, koska kaukolämpö on mm. sitä edullisempaa mitä tiheämmin alue on rakennettu ja mitä isompia rakennukset ovat. [87]

Pientalojen lämmitykseen on tarjolla useita vaihtoehtoisia lämmitysratkaisuita, joita käytännössä on mahdotonta laittaa paremmuusjärjestykseen. Mikäli kaukolämpöä on saatavilla, kannattaa sitä harkita yhtenä vaihtoehtoisena lämmitysmuotona myös pientaloissa. Pientaloon tuotavan kaukolämmön kannattavuus riippuu siitä, miten tiheä asutusalue on ja miten helposti sitä on saatavilla. Kaukolämmöllä lämmitettyjä pientaloja on Suomessa runsas 7 prosenttia, joka on kasvussa huolimatta siitä, että sitä ei ole joka paikassa saatavilla. [86, 87]

Pientaloa rakennettaessa kannattaa miettiä lämmityksen taloudellisia näkökulmia, kuten hankinta- ja käyttökustannuksia sekä rakennuspaikasta ja rakennuksesta riippuvia tekijöitä ja eri lämmitysjärjestelmien ominaisuuksia. Esimerkiksi rakennuksen koko ja lämmitystarve vaikuttavat merkittävästi siihen, kannattaako investoida hieman kalliimpaan järjestelmään, jolla saadaan tuotettua edullista energiaa vai järjestelmään, joka on edullisempi hankkia, mutta toisaalta energian hinta saattaa olla korkeampi. [86]

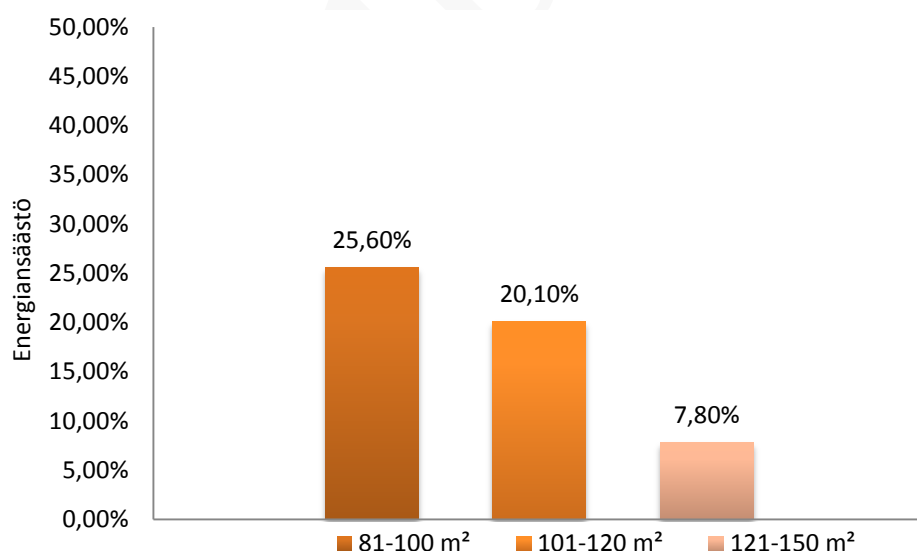
ENETE-raportissa on analysoitu ja esitetty erilaisten lämmitysjärjestelmien energiansäästöpotentiaaleja, jotka perustuvat maantieteellisesti rajoitettuun aineistoon. Raportissa on esimerkiksi arvioitu maalämpöpumpun tehokkuutta vertaamalla sitä pelkkään suoraan sähkölämmitykseen. Tulokset perustuvat oletuksiin ja erilaisiin keskiarvoihin sekä taustatietoihin maalämpöpumppua käyttävistä taloista (tyyppi, rakenne, tukilämmi-

tysmuodot). Raportissa laskenta suoritettiin kolmelle maalämpöpumppu- ja suorasähkölämmitys-kotitalousryhmälle (omakotitalo), joilla oli erilaiset pinta-alat. Tuloksien perusteella maalämpöpumppu säästi noin 27–47 prosenttia lämmityssähköenergiassa verrattuna suoraan sähkölämmitykseen (kuvio 5). [82]



Kuvio 5. Lämpöpumpun energiansäästö lämmityssähkössä, kun vertailussa oli suora sähkölämmitys [82]

Toinen raportin lämmitysjärjestelmiin liittyvä tutkimus koskee ilmalämpöpumpulla saavutettavaa energiansäästöpotentiaalia sähkölämmityksessä. Tutkimuksen tulokset perustuvat vertailuun, jossa verrattiin suoria sähkölämmityksiä ryhmään, jossa sähkölämmityksen tukena oli ilmalämpöpumppu. Muut talojen ominaisuudet on tutkimuksessa pyritty pitämään ryhmien välillä samoina. Tuloksien perusteella, verrattuna pelkkään suoraan sähkölämmitykseen, ilmalämpöpumpun liittäminen sähkölämmityksen tueksi pienensi sähkölämmitysenergiaa noin 8–26 prosenttia (kuvio 6). Kuviosta 6 voidaan todeta, että ilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten pienille lämmityspinta-aloille. [82]



Kuvio 6. Ilmalämpöpumpulla saavutettava energiansäästö, kun sitä käytetään sähkölämmityksen tukena [82]

Lämmitysjärjestelmän valinnan jälkeen merkittävin tekijä lämmitysjärjestelmän energiatehokkuudessa on käytönaikaisen energiankäytön optimointi. Tärkeässä roolissa ovat

energiatohkeat laitteet ja lämmitysjärjestelmän optimoitu käyttö, joka varmistetaan tarpeenmukaisilla ohjauksilla ja säädöillä.

Tärkeässä asemassa on myös energiankulutuksen seuranta, jolloin voidaan vaikuttaa käyttötottumuksiin. Lämmitysjärjestelmän todellinen energiatohkeus saadaan selville vasta reaaliaikaista kulutusta seuraamalla. Kuvioiden 5 ja 6 mukaisia energiansäästöpotentiaaleja voidaan pitää lähtökohtaisesti suuntaa antavina, koska ne perustuvat maantieteellisesti rajoitettuun aineistoon ja sen perusteella tehtyihin vertailuihin.

3.2.3 Sähkönkäyttö lämmityksessä

Uusien rakentamismääräysten mukaiset rakennukset kuluttavat lämmitysenergiaa erittäin vähän ja lisälämmityksen tarvetta tulee olemaan enintään noin kolmena kuukautena vuodessa, joten sähkölämmityksen käyttö on perusteltua varsinkin pien- ja rivitaloissa. Tämä perustuu mm. sähkölämmityksen edullisiin rakentamiskustannuksiin ja hyvään hyötysuhteeseen. Sähkölämmityksen asema rakentamisessa tulee todennäköisesti vielä kasvamaan entisestään rakentamisen kehittymisen mukaan, jossa kehityksen suunta on lähes nollaenergiarakentamista. [79]

Sähköä käytetään lämmityksessä suorana tai varaavana sähkölämmityksenä tai molempien yhdistelmänä (osittain varaava), riippuen käyttötarkoituksesta. Tyypillisiä sähkölämmitys ratkaisuita asuinrakennuksissa ovat esimerkiksi:

- Varaava sähkölämmitys
 - vesikiertoinen lattialämmitys
 - lämpimän käyttöveden valmistaminen
 - sähkölämmitteiset varaavat patterit
- Suora sähkölämmitys
 - lattia- ja kattolämmitykset
 - mukavuuslattialämmitykset
 - sähkölämmittimet (tuloilman lämmitys)
- Sähköiset sulanapitolämmitykset
 - Sadevesikourujen lämmitykset
 - Viemärikaivojen saattolämmitykset
 - Putkistojen saattolämmitykset
 - Piha-alueiden sulanapitolämmitykset
 - Ajoluiskien sulanapitolämmitykset

Suora sähkölämmitys on yleinen lämmitysmuoto varsinkin pientaloissa, jossa sitä käytetään mm. katto- ja lattiapintojen lämmittämiseen sekä ilmanvaihdon tuloilman lämmittämiseen. Asuinkerrostaloissa suora sähkölämmitys on yleinen lämmitysmuoto hybridilämmityksessä, jossa sitä käytetään kylpyhuoneiden mukavuuslattialämmitykseen. Suoraa sähkölämmitystä käytetään myös rakennusten ulkotilojen sulanapito lämmityksissä, kuten putkistojen saattolämmityksessä ja sadevesikourujen sulanapidossa. [79, 86]

Suoran sähkölämmityksen etuja ovat alhaiset rakentamiskustannukset, korkeat hyötysuhteet sekä nopea reagointi lämmitystarpeen kasvaessa. Huonot puolet ovat korkeat käyttökustannukset, koska esimerkiksi yö sähköä ei pystytä hyödyntämään, jos lämpöä ei varastoida mitenkään. Suoraa sähkölämmitystä tulisi käyttää vain poikkeustapauksissa, joissa nestekiertoisella lämmitysjärjestelmällä on käytännössä mahdotonta toteuttaa lämmitys. [79]

Kuluttajan kannalta huonoimmassa tapauksessa sähköiset lattialämmitykset on liitetty kotitaloussähköön, jolloin tilojen lämmitykseen käytettävät energiakustannukset näkyvät suoraan sähkölaskussa. Tämä saattaa johtaa helposti siihen, että lämmitys kytketään säästö syistä pois päältä, mikä osaltaan hidastaa kosteuden kuivumista märkätiloissa.

Sähkölämmityksessä energiatehokkaat ratkaisut muodostuvat energiatehokkaista laitteista, niiden oikeasta mitoittamisesta ja tarpeenmukaistetusta käytöstä sekä asennusteknisistä tekijöistä. Sähkölämmitykseen liittyen rakennuksen sähköenergiakulutukseen voi vaikuttaa merkittävimmin sähkösuunnittelija.

3.2.3.1 Lattialämmitys

Sähköisten lattialämmitysten energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa merkittävimmin rakenteellisilla ja asennusteknisillä ratkaisuilla sekä tarpeenmukaistetulla käytöllä. Tärkeä tekijä energiankäytön tehostamisessa on tarpeenmukaistetut käytöt, joita käsitellään yksityiskohtaisemmin luvussa 3.2.5 (*Tarpeenmukainen käyttö*).

Suunnittelussa ja rakentamisessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että lattialämmityskaapelit asennetaan aina niin, että ne toimivat suurimmalla mahdollisella hyötysuhteella sekä lisäksi tulee kiinnittää huomiota lämmityksen reagointi nopeuteen. Lattialämmitystä ei kannata esimerkiksi upottaa massiiviseen betoniin, vaan se asennetaan välittömästi lattian pintamateriaalin alle. Kuivissa tiloissa voidaan käyttää lisäksi lisäeristystä lämmityskaapeleiden alla, jolloin kylmäsilta lattialaattaan saadaan kokonaan eristettyä. [79]

Hyvillä rakenteellisilla ratkaisuilla, voidaan lattialämmityksessä päästä parhaillaan noin 90 prosentin hyötysuhteeseen, jolloin syntyy vain 10 prosenttia hukkaenergiaa. Asennusteknisillä ratkaisuilla on siis merkittävä vaikutus lattialämmityksen energiankäytön tehostamisessa ja lämmityksen reagointi nopeudessa. [79]

Sähköisissä mukavuuslattialämmityksissä tulee huomioida, että niiden pääsääntöinen tehtävä on toimia pesuhuoneiden kuivatuksessa ja kosteuden ehkäisemisessä sekä samalla ne tuovat kuluttajalla käyttömukavuutta asumiseen.

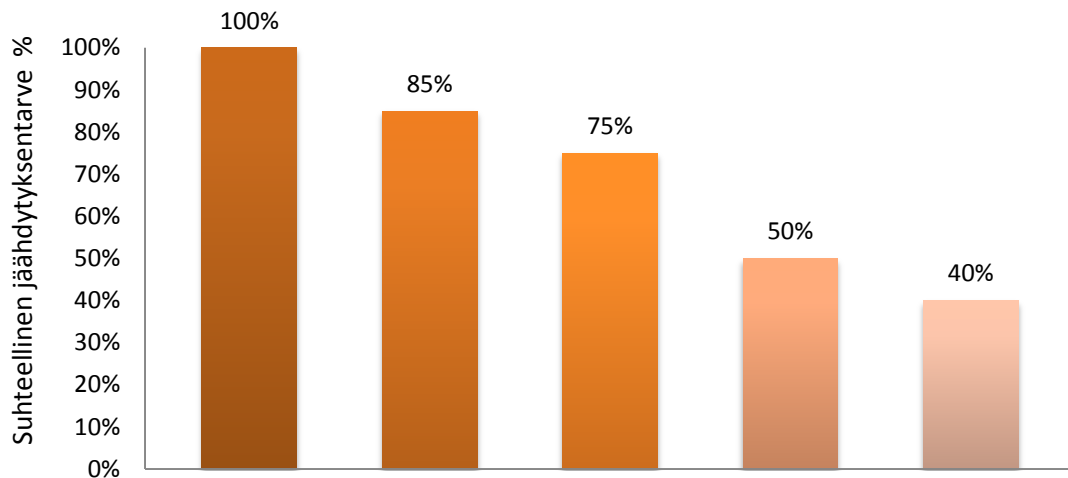
3.2.4 Jäähdytys

Nykyisen matalaenergiarakentamisen keskeisiä tekijöitä ovat eristyksien parantaminen, ovien ja ikkunoiden lämpöenergiatehokkuuden parantaminen ja rakennuksen vaipan tiiveyden lisääminen. Samat rakennuksen energiatehokkaat ominaisuudet, jotka pitävät talon lämpimänä talvella, auttavat myös pitämään sen viileänä kesällä. Tämä kuitenkin johtaa helposti kesäaikaisen aurinkokuorman aiheuttamaan ylikuumenemiseen eli rakennusten jäähdytystarpeen lisääntymiseen. Myös jatkuvasti kasvava kulutuslaitteiden energiankulutus lisää omalta osaltaan lämpökuormaa eli jäähdytyksen tarvetta rakennuksissa. [59, 79]

Nykyisessä matalaenergiarakentamisessa, passiiviset ja rakenteelliset keinot, ovat merkittävässä roolissa energiankäytön pienentämisessä. Kuten Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on esitetty, tulee rakennukset suunnitella ja rakentaa siten, että tilat eivät lämpene haitallisesti. Tilojen ylikuumenemisen estämiseksi tulee ensisijaisesti käyttää rakenteellisia ja passiivisia ratkaisuita sekä yöllä tehostettua ilmanvaihtoa. [63]

Rakennuksen jäähdytykseen erittäin energiatehokas toteutustapa on aurinkosuojausratkaisut, joiden vaikutusta jäähdytysenergiatarpeen pienentämiseen on esitetty kuviossa 7. Aurinkosuojausten hyötyjä ja ratkaisuita jäähdytystarpeen vähentämisessä, käsitellään tarkemmin luvussa 3.6 (*Aurinkosuojaus*).

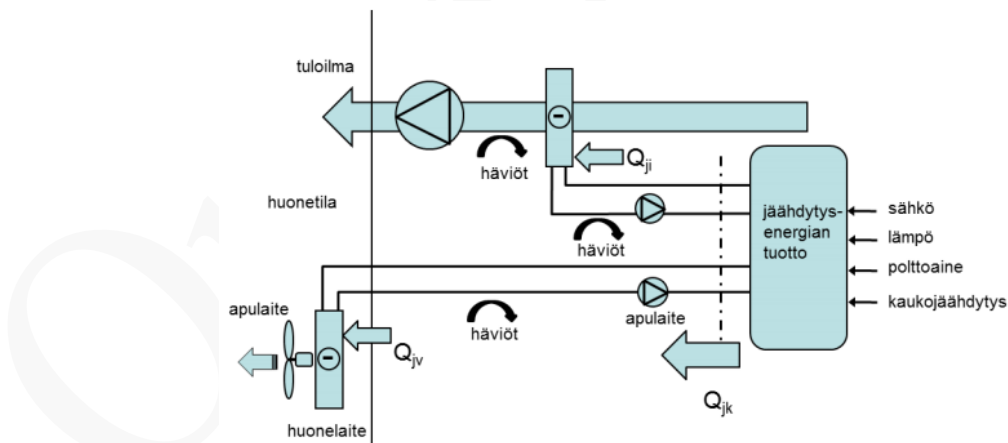
■ Ei aurinkosuoja ■ Pitkät räystäät ■ Sälekaihtimet ■ Aurinkosuojalasit ■ Ulkopuolinen varjostus



Kuvio 7. Passiivisten keinojen vaikutus rakennuksen jäähdytystarpeeseen [59]

3.2.4.1 Jäähdytysjärjestelmät

Mikäli vaatimuksien mukaisia huoneilman lämpöolosuhteita ei saavuteta rakenteellisin tai passiivisin keinoin, voi olla tarpeen käyttää jäähdytysjärjestelmää. Kyseisissä tapauksissa rakennuksen tilojen jäähdyttämiseen käytettävä jäähdytysenergia tuodaan tiloihin joko ilmavirran tai vesivirran avulla, tai käyttämällä molempia tapoja samanaikaisesti (kuva 6). Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus muodostuu jäähdytysenergian tuoton energiankulutuksesta sekä järjestelmän apulaitteiden sähkönkulutuksesta. [59, 66]



Kuva 6. Jäähdytysjärjestelmän periaatekuva [66]

Asuinrakennuksissa käytettäviä jäähdytysjärjestelmiä ja -menetelmiä voivat olla esimerkiksi: [54, 79]

- Jäähdytys ilmanvaihtojärjestelmällä
 - yöaikaan tehostettu ilmanvaihto
 - lämmöntalteenoton hyödyntäminen kesäaikaan
- Koneelliset jäähdytysjärjestelmät
 - ilmalämpöpumput

- keskitetyt ilmastoinnin jäähdytyslaitteet
- Epäsuorat jäähdytysjärjestelmät
- Kaukojäähdytys

Esimerkiksi yöllä tehostetun ilmanvaihdon periaate on se, että huoneilmaa ja rakenteita jäähdytetään huoneilmaa kylmemmällä ulkoilmalla. Yötuuletuksen jäähdytystehoa säädetään yleensä ilmanvaihdon käyntiaikaa ja/tai tuloilmavirtaa muuttamalla. Jäähdytettävän ilmavirran tulee olla riittävän suuri, koska puhaltimessa tuloilmakin lämpenee noin 1 asteen. Lisäksi puhallinsähkön lisäkulutus tulee ottaa huomioon ja ohjata toimintaa siten, että sisä- ja ulkolämpötilan ero on vähintään 5 astetta. [54]

Koneellisen jäähdytyksen tuottamisessa, kaukojäähdytys on energiamuotona energiatehokas ja ympäristöystävällinen valinta. Kaukojäähdytyksen toimintaperiaate on verrattavissa kaukolämmitykseen sillä poikkeuksella, että kaukojäähdytyksessä kuluttajalta siirretään ylimääräinen lämpö energiayrityksen kaukojäähdytysveiteen. Rakennuskohtaiseen jäähdytykseen verrattuna kaukojäähdytys on ympäristöystävällinen vaihtoehto, hinnaltaan kilpailukykyinen, vaivaton ja luotettava energian lähde. Kaukojäähdytyksen jäähdytysenergia tuotetaan keskitetysti rakennuskohtaisen energiatuotannon sijaan, mikä tarkoittaa sitä, että energiaa voidaan tuottaa kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti suurempien yksikkökokojen ansiosta. [54]

Sähkönkäytön kannalta energiatehokkaat ratkaisut liittyvät jäähdytysjärjestelmän apulaitteisiin, joita käsitellään luvussa 3.3 (*Puhallin- ja pumppukäytöt*). Mikäli jäähdytys joudutaan tuottamaan koneellisesti, tulee jäähdytyskompressori, putkistot ja lauhduttimet mitoittaa huolellisesti. Keskeinen tekijä on lauhduttimien moottoreiden hyvä energiatehokkuus sekä tarpeenmukainen ohjaus (säädetty moottorikäyttö). [79]

3.2.5 Tarpeenmukainen käyttö

Tarpeenmukaisen käytön edellyttämät ohjaukset ovat merkittävien tekijä, joilla rakennusten energian käyttöä voidaan tehostaa. Esimerkiksi koneellisen ilmanvaihdon tarpeenmukaisella käytöllä voidaan pienentää energiankulutusta merkittävästi riippuen käyttötavoista, asumistilanteesta ja lämmöntalteenotosta. Vaikutus energiankäyttöön voi olla, esimerkiksi lämmöntalteenotolla varustetussa peruspientalossa noin 900 kWh/a ja ilman lämmöntalteenottoa noin 1100–1500 kWh/a, riippuen talon koosta ja asumistilanteesta. [80]

Ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen tarpeenmukaisilla käytöillä ja ohjauksilla saavutettavia energiansäästöpotentiaaleja käsiteltiin rakennusautomaatio kappaleessa, jotka olivat seuraavat:

- | | |
|---|---------|
| - Ilmanvaihdon ja ilmastoinnin automatisointi | 20–45 % |
| - Lämmityksen automatisointi | 7–17 % |
| - Yksilöllinen huonesäätö | 14–25 % |
| - Aurinkosuojauksen automatisointi | 9–32 % |

Ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen tarpeenmukaisen käytön varmistamiseksi ja rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi tulisivat järjestelmien tarpeenmukaiset käytöt toteuttaa rakennusautomaation suositustason (tehokkuusluokka B) mukaisilla ohjauksilla. Alla on esitetty suositustason mukaiset ohjaukset sekä vertailun vuoksi

tavanomaisen tason (tehokkuusluokka C, ei vaikutusta rakennuksen laskettuun energiankulutukseen) ohjaukset. [51]

3.2.5.1 Ilmanvaihto ja ilmastointi

Rakennuksen ilmanvaihdon tarpeenmukaisessa käytössä toteutetaan tilojen ja huoneiden sisäilmanlaadun hallinta energiatehokkaasti niin, että sisäilman laadulliset tavoitetasot kuitenkin täyttyvät. Ilmanvaihdon energiansäästö perustuu puhallinkäyttöjen ja LTO:n tarpeenmukaiseen käyttöön, jossa tarkoituksena on minimoida käytönaikainen sähköenergiankulutus. Asuinrakennusten ilmanvaihdon tarpeenmukaiset ohjaukset voidaan toteuttaa seuraavasti: [51]

- Huonekohtainen ilmapvirran ohjaus
 - ei edellytetä, mikäli ohjaus on toteutettu ilmanvaihtokoneella
 - muussa tapauksessa aikaohjaus, C ja B
- Ilmanvaihtokoneen ilmapvirran ohjaus
 - ei ohjausta, C
 - päällä/pois aikaohjattu, B
- Lämmönsiirtimen huurteen esto/sulatus
 - huurteenesto/sulatustoiminto, B ja C
- Lämmöntalteenoton rajoitus (ohitus jäähdytystilanteessa)
 - automaattinen rajoitus, B ja C
- Jäätymissuojaus
 - ilmastointikoneiden pattereiden jäätymissuojaus toimii asteittain, B ja C
- Ulkoilman käyttö jäähdytykseen
 - yöjäähdytys, C
 - ilmaisjäähdytystoiminto (ulkoilmajäähdytystä hyödynnetään tarpeen mukaan aina), B
- Tuloilman lämpötilan säätö
 - vakioasetusarvo, C
 - muuttuva ulkolämpötilan mukaan kompensoitu asetuservo, B
- Kosteuden hallinta
 - tuloilman kosteuden rajoitus, C (jos tarpeen)
 - tuloilman kosteuden säätö, B (jos tarpeen)

Ilmanvaihdon tarpeenmukaisissa ohjauksissa voidaan käyttää myös suositustasoa parempia ohjauksia (tehokkuusluokka A), tällöin edellytyksiä ohjauksille voi olla mm. läsnäolotietojen ja ilmanlaadun mittauksien käyttäminen. Läsnäolotietoa käytetään ilmanvaihdon ohjaamiseen sen mukaan miten tilaa tai huonetta käytetään. Kun tilaa ei käytetä, ilmanvaihto pysyy miniteholla ja kun tila otetaan käyttöön, tehostuu ilmanvaihto automaattisesti. Läsnäolotiedon ja ilmanlaadun perusteella toteutettuja ohjauksia, voidaan asuinrakennuksissa käyttää esimerkiksi asuinkerrostalojen kerhotiloissa, yhteisissä pesu- ja saunatiloissa tai muissa yhteisissä tiloissa. Pelkästään läsnäolotiedolla ohjattu ilmanvaihto voi säästää jo merkittävästi sähkönkäyttöä. [51]

Asuinrakennuksessa tai huoneistossa, kylpyhuoneen ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus läsnäolotiedolla, voidaan yksinkertaisesti toteuttaa esimerkiksi integroimalla se valaistukseen, jota käytetään perinteisillä valaistuksenohjaus kytkimillä. Tällaisissa käytöissä ilmanvaihto toimisi miniteholla, kun tilaa ei käytetä ja kun tilan valaistus kytketään päälle, myös ilmanvaihto tehostuu. Tällöin tulee huomioida, että ilmanvaihto jää vielä tehostettuun tilaan, vaikka valaistus kytketään pois päältä. Tällä varmistetaan kosteuden tehokas poistaminen tilasta, jos tilaa on käytetty esimerkiksi peseytymiseen. Il-

manvaihdon palautuminen minimi teholla varmistetaan aikaviiveellä, jolloin sähköenergiankulutus saadaan minimoitua.

Asuinrakennuksissa ja varsinkin kerrostaloissa, koneellista ilmanvaihtoa käytetään tavanomaisesti ns. neliasentoisella ohjauksella, joka voi olla toteutettu esimerkiksi liesikupuohjauksella tai erillisellä ohjauskytkimellä. Tämä toiminto lasketaan tehokkuusluokan C mukaiseksi automaatiotoiminnoksi, jolla ei ole todellista vaikutusta energiatehokkuuden kannalta. Tällaisissa tapauksissa korostuu käyttäjien opastus, jolla varmistetaan ohjauksen tarpeenmukaisuus. Tarkoituksena on energiankäytön tehostaminen käyttäjien käyttötottumuksiin vaikuttamalla. [80]

Neliasentoisen ohjauksen käytöstä tulisi aina laatia käyttöohjeet, esimerkiksi kerrostalon jokaiseen huoneistoon. Käyttöohjeet tulisi laatia aina käyttökohteen ja -tavan mukaisesti, josta esimerkkinä mm. seuraavat suositeltavat käyttötavat eri asumistilanteissa: [80]

- Asento 1 / Poissaoloasento
 - huoneisto tyhjillään, ilmanvaihto miniteholla
- Asento 2 / Kevytasento
 - huoneistossa oleskelee 1–2 henkilöä
 - pakkasella voi riittää useammallekin henkilölle
 - poissaoloasento silloin, kun huoneistoon jätetään pyykkiä kuivumaan
- Asento 3 / Normaaliasento
 - huoneiston normaalikäyttö (tyypillisesti saavutetaan mitoitusilmamäärä)
 - huoneistossa oleskelee useampi henkilö
 - normaali ruuanlaitto
 - pyykinkuivaus, pesutilojen kuivaus suihkun jälkeen
- Asento 4 / Tehostusasento
 - ruuanlaitto, josta syntyy käryä
 - saunominen
 - huoneistossa juhlat, runsaasti henkilöitä

3.2.5.2 Lämmitys

Rakennuksen lämmityksen tarpeenmukaisessa käytössä toteutetaan tilojen ja huoneiden sisäilmanlaadun hallinta energiatehokkaasti niin, että sisäilman laadulliset tavoitetasot kuitenkin täyttyvät. Tavoitellun sisälämpötilan hallintaan liittyy olennaisesti rakennuksen tekniikka, sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat sekä käyttötapa. Asuinrakennusten lämmityksen tarpeenmukaiset ohjaukset voidaan toteuttaa seuraavasti: [51]

- Lämmönluovutuksen ohjaus
 - huonekohtainen säätö termostaattiventtiileillä tai sähköisellä säätimellä, C
 - huonekohtainen säätö ja tiedonsiirto säätimien ja rakennusautomaatiojärjestelmän välillä, B
- Jakeluverkon meno- tai paluuv veden lämpötilan säätö
 - ulkolämpötilan mukaan kompensoitu lämpötilan asetusarvo, C
 - Sisälämpötilan mukainen säätö, B
- Kiertovesipumppujen ohjaus
 - päällä/pois ohjaus, C
 - nopeussäädetty (taajuusmuuttaja) vakio paineinen säätö, B
- Lämmityksen (lämmönjakelun tai -luovutuksen) aikatauluohjaus
 - automaattinen, asetettavilla ajoilla, C ja B

- automaattinen, optimaalisilla aloitus- ja lopetusajoilla, B
- Lämmöntuottolaitteen ohjaus
 - ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso, C ja B
- Lämmöntuottolaitteiden vuorottelu
 - lämmityskuormaan (tehontarpeeseen) perustuva, C
 - järjestys kuormien ja tuottotehojen mukaan, B

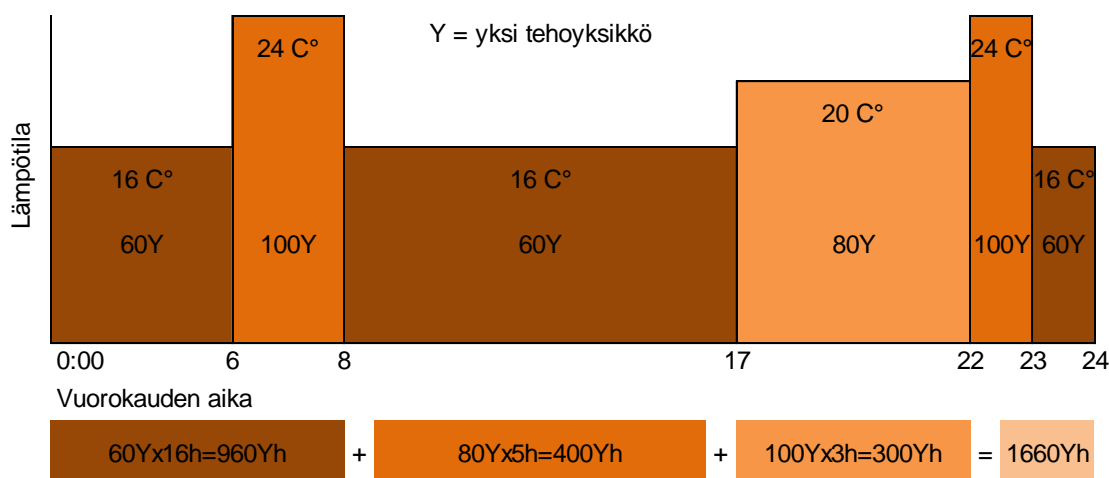
Tyypillinen lämmityksen ohjausratkaisu on termostaattiohjaus, jolla lämmitystä säädetään tilassa tai huoneessa, kuten kylpyhuoneessa (esimerkiksi vesikiertoinen tai sähköinen lattialämmitys). Tällainen ohjausratkaisu täyttää tavanomaisen automaation tehokkuusluokan, mutta todellisuudessa ei paranna energiatehokkuutta. Huonoimmassa tapauksessa käyttäjä voi kytkeä lämmityksen pois päältä kokonaan, jolloin hidastetaan myös kosteuden kuivumista pesutiloissa.

Lämmityksen tarpeenmukaisen ohjauksen toteuttaminen aikataulutetusti sen sijaan parantaa energiatehokkuutta ja tuo säästöä. Vaikutusta energiatehokkuuteen voidaan havainnollistaa esimerkeillä 1 ja 2, joissa on esitetty kylpyhuoneen (kuva 8) ja yleisen tilan (kuva 9) lämmityksen tarpeenmukaiset ohjausratkaisut. Lähtöarvoina molemmissa esimerkeissä käytetään sääntöä, jossa lämmityskaudella sisälämpötilan nostaminen yhdellä asteella, kasvattaa vuotuista energiankulutusta noin 5 prosentilla. [78]

Esimerkki 1: kylpyhuoneen lämmityksen tarpeenmukainen ohjausratkaisu: [78]

- kylpyhuonetta käytetään 7 päivänä viikossa
- huoneen lämpötilaa ohjataan aikataulutetusti / lämpötilan asetusarvoilla
 - 00–06 / 16 °C
 - 06–08 / 24 °C
 - 08–17 / 16 °C
 - 17–22 / 20 °C
 - 22–23 / 24 °C
 - 23–24 / 16 °C
- ilman aikaohjausta, lämpötilan profiili olisi 2400 tuntia (24h kertaa 100Y)
- aikaohjauksella, lämpötilan profiili olisi 1660 tuntia
- **energiansäästö noin 31 prosenttia**

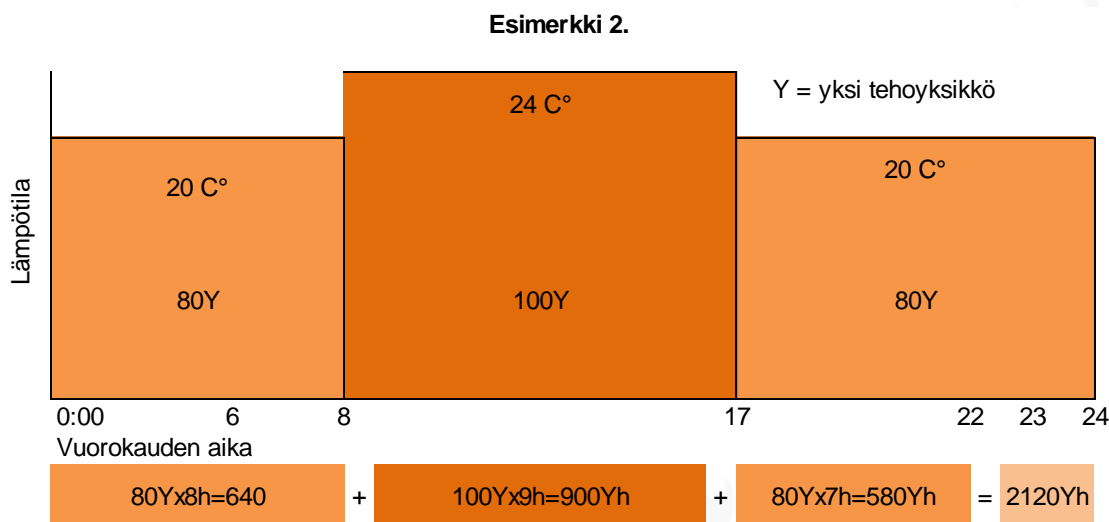
Esimerkki 1.



Kuvio 8. Kylpyhuoneen lämmityksen tarpeenmukainen ohjaus [78]

Esimerkki 2: yleisen tilan lämmityksen tarpeenmukainen ohjausratkaisu: [78]

- tilaa käytetään 7 päivänä viikossa, 9 tuntia päivässä
- huoneen lämpötilaa ohjataan aikataulutetusti / lämpötilan asetusarvoilla
 - 00–08 / 20 °C
 - 08–17 / 24 °C
 - 17–24 / 20 °C
- Y tarkoittaa yhtä käytettyä tehoyksikköä
- ilman aikaohjausta, lämpötilan profiili olisi 2400 tuntia (24h kertaa 100Y)
- aikaohjauksella, lämpötilan profiili olisi 2120 tuntia
- **energiansäästö noin 12 prosenttia**



Kuva 9. Yleisen tilan tarpeenmukainen lämmitys [78]

Asuinkerrostaloissa kylpyhuoneen lämmityksen tarpeenmukainen ohjaus esimerkin 1 mukaisesti on energiatehokas ratkaisu, mutta tärkeää on myös miettiä käyttäjän käyttötottumuksiin reagoimista. Käyttäjän päivärytmit eivät aina mukaile suunniteltua käyttöä, joten tarpeenmukaisessa ohjauksessa tulee varmistaa myös tällaiset seikat.

Yleistä tilaa koskeva lämmityksen tarpeenmukainen ohjaus esimerkissä 2, mukailee lähinnä työpäivän aikataulusta, mutta asuinrakennuksissa tällaista ratkaisua voidaan hyvin käyttää esimerkiksi yhteisissä tiloissa, kuten kerhotiloissa. Tällöin aikataulutus on mietittävä tarkkaan, joka voidaankin saada selville vasta käyttötottumuksia seuraamalla.

3.2.5.3 Sähköiset sulanapitolämmitykset

Sähköisille sulanapitolämmityksille ei ole määritetty tarpeenmukaisen käytön edellyttämiä suosituksia tai vähimmäisvaatimuksia. Niitä ei myöskään huomioida rakennuksen laskennallisessa energiankulutuksessa. Sulanapitolämmityksien ohjaukset tulee kuitenkin liittää rakennuksen automaatioon, jotta niiden käyttö saadaan optimoitua tarpeenmukaiseksi ja energiatehokkaaksi. Sulanapitolämmityksien tarpeenmukaisissa ohjauksissa kannattaa huomioida seuraavat ratkaisut: [54]

- Ajoluiskien ja piha-alueiden lämmitykset
 - ulkolämpötilan mukainen ohjaus
 - lumi-/jääantureiden käyttö

- Sadevesikourujen, viemärikaivojen ja putkistojen lämmitykset
 - ulkolämpötilan mukainen ohjaus, vain silloin päällä kuin on jäätyminen vaara (tyypillinen toiminta-alue $-3...+3\text{ °C}$ tai $-2...+2\text{ °C}$)
 - ei ohjausta, jos käytetään itsesäätyviä/rajoittavia lämmityskaapeleita

3.2.5.4 Jäähdytys

Rakennuksen jäähdytyksen tarpeenmukaisessa käytössä, toteutetaan tilojen ja huoneiden lämpökuormien hallinta energiatehokkaasti niin, että sisäolosuhteiden tavoitetasot kuitenkin täyttyvät. Lämpökuormien hallintaan liittyy olennaisesti rakennuksen tekniikka, sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat sekä käyttötapa. Asuinrakennusten jäähdytyksen tarpeenmukaiset ohjaukset tulisi vähintään toteuttaa seuraavasti: [51]

- Lämmönluovutuksen ohjaus
 - huonekohtainen säätö termostaattiventtiileillä tai sähköisellä säätimellä, C
 - huonekohtainen säätö ja tiedonsiirto säätimien ja rakennusautomaatiojärjestelmän välillä, B
- Jäähdytysverkoston meno- tai paluuvien lämpötilan ohjaus
 - ulkolämpötilan mukaan kompensoitu lämpötilan asetusarvo, C
 - Sisälämpötilan mukainen säätö, B
- Kiertovesipumppujen ohjaus
 - päällä/pois ohjaus, C
 - nopeussäädetty (taajuusmuuttaja) vakio paineinen säätö, B
- Jäähdytyksen (jakelun tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus
 - automaattinen, asetettavilla ajoilla, C
 - automaattinen, optimaalisilla aloitus- ja lopetusajoilla, B
- Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estäminen
 - osittainen estäminen (mahdollisuus jäähdytyksen ja lämmityksen samanaikaiseen käyttöön minimoitu asetusarvojen asettelun kautta), C ja B
- Jäähdytyskoneen ohjaus
 - ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämpötilataso, C ja B
- Jäähdytyskoneen vuorottelu
 - järjestys ainoastaan kuormiin (tehontarpeeseen) perustuva, C
 - järjestys kuormien ja tuottotehojen mukaan, B

Varsinkin jäähdytyskäytössä, tilan tai huoneen tarpeenmukaisella lämpötilan säädöllä ja ohjauksella, saadaan aikaan merkittäviä säästöjä. Jäähdytyksen optimoidussa käytössä korostuu ilmaisenergioiden hyödyntäminen, esimerkiksi yöaikainen ilmanvaihto tai ilmanvaihdon ja aurinkosuojauksien integroitu käyttö.

Tehokas koneellisen jäähdytyksen tarpeenmukainen ohjaus voidaan toteuttaa läsnäolotiedon perusteella, joka voidaan integroida esimerkiksi kulunvalvonnasta tai toteuttaa omilla läsnäolotunnistimilla. Kuten ilmanvaihdon tarpeenmukaisessa ohjauksessa, tilojen tai huoneiden ilmaa jäähdytetään vain silloin, kun tiloja käytetään. Tämä minimoi turhan jäähdytysenergian kulutuksen rakennuksissa (lähinnä toimistorakennukset). [54]

3.3 Puhallin- ja pumppukäytöt

Puhallin- ja pumppukäyttöihin liittyen, keskeisimmät energiatehokkaat ratkaisut liittyvät energiatehokkaisiin moottoreihin sekä niiden ohjaustekniikkaan. Ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen tarpeenmukaisen käytön toteuttamiseksi, yksi keskeisimmistä edellytyksistä ovat säädetyt sähkömoottorikäytöt.

Tässä oppaassa sähkömoottorijärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, johon sisältyy useita energiaa kuluttavia tuotteita, kuten moottorit, voimansiirtolaitteet, puhaltimet ja pumput. Puhaltimilla sekä pumpuilla, kuten vesi- ja kiertovesipumpuilla, tarkoitetaan mekaanisia laitteita, jotka suunniteltu käytettäväksi tai varustettavaksi sähkömoottoreilla (terminä voidaan käyttää myös puhallin- tai pumppumoottoria). [37, 38]

Puhallin- ja pumppukäytöillä tarkoitetaan erilaisten mekaanisten laitteiden ja komponenttien sekä sähkömoottorijärjestelmän muodostamaa kokonaisuutta, joka suunnitellaan, rakennetaan sekä sitä käytetään prosessin edellyttämällä tavalla. Esimerkiksi puhallinkäyttö sisältää puhaltimien ja sähkömoottoreiden sekä mahdollisten taajuusmuuttajien tai muiden tehonsäätölaitteiden lisäksi, muut prosessiin olennaisesti liittyvät komponentit, kuten mm. ilmanvaihtokanavat. Pumppukäyttö puolestaan sisältää pumppujen ja sähkömoottoreiden sekä mahdollisten taajuusmuuttajien tai muiden tehonsäätölaitteiden lisäksi, mm. putkistot, venttiilit ja muut prosessin kannalta olennaiset komponentit. [88, 89]

Puhallin- ja pumppukäyttöjen tarpeenmukaisen käytön eli automatisoinnin sekä integroinnin muiden järjestelmien kanssa, määrittää tyypillisesti LVI- tai automaatio suunnittelija. Rakennusautomaatio on yksin tärkeimmistä tekijöistä, jonka avulla puhallin- ja pumppukäytöt saadaan optimoitua parhaalla mahdollisella tavalla, mikä varmistaa energiatehokkaimman lopputuloksen halutun prosessin tuottamiseksi.

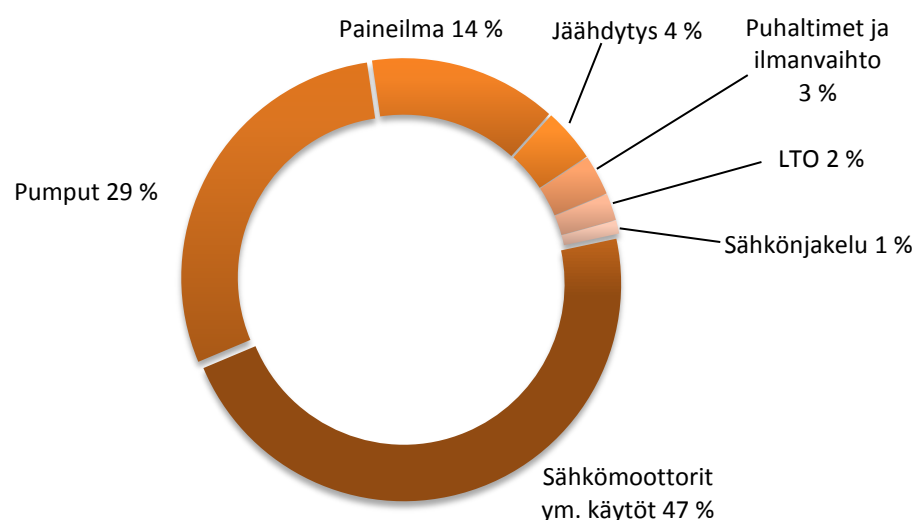
Talotekniikassa käytettävät pienitehoiset puhaltimet ja pumput usein toimitetaan valmiiksi integroituina laitekokonaisuuksia, joihin sisältyy mm. sähkömoottorit. Tällaiset laitekokonaisuudet tyypillisesti määrittää ja mitoittaa LVI-suunnittelija, käyttötarpeen ja kohteenmukaisesti. Sähkösuunnittelijan tehtäväksi jää usein laitekokonaisuuksien sähköistäminen, standardit ja sähköturvallisuusvaatimukset huomioiden.

Puhaltimien, pumppujen ja sähkömoottoreiden energiatehokkuus varmistetaan Eco-design-direktiivin nojalla annetuilla tuoteryhmäkohtaisilla Ekosuunnitteluasetuksilla (1.3.3 Säädökset ja määräykset), joilla määritetään laitteiden energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset. Asetukset koskevat laitteiden suunnittelua ja valmistusta, kuten esimerkiksi puhallinlaitteen ja sähkömoottorin muodostamaa kokonaisuutta tai pelkästään sähkömoottoria. Keskeinen osa-alue, johon asetuksilla vaikutetaan, on puhallin- ja pumppumoottoreiden käytönaikaisen sähköenergiankulutuksen pienentäminen. [36, 37, 38]

Merkittävin osuus sähkömoottorien elinkaarenaikaisista kustannuksista syntyy nimenomaan käytönaikaisesta sähköenergiankulutuksesta, jonka osuus on peräti 97 prosenttia moottorin elinkaarikustannuksista. Moottorin hankintakustannuksien osuus on vain noin 2 prosenttia elinkaarenaikaisista kustannuksista, joten investointi laadukkaaseen moottorin todellakin kannattaa. Kunnossapidon osuus moottorin elinkaaren aikaisista kustannuksista on 1 prosentin luokkaa. [88]

Pumppujen elinkaarikustannuksista puolestaan 85 prosenttia syntyy käytönaikaisesta sähköenergiankulutuksesta, 10 prosenttia kunnossapidosta sekä 5 prosenttia hankintakustannuksista. Suurimmat säästöpotentiaalit kohdistuvat puhaltimissa ja pumpuissa siis käytönaikaisen sähköenergiankulutuksen pienentämiseen, johon tehokkaimmin voidaan vaikuttaa korkean hyötysuhteen moottoreilla ja tarpeenmukaisella käytöllä. [89]

Moottorikäyttöihin liittyvää säästöpotentiaalia on tutkittu mm. eurooppalaisessa Motor Challenge-hankkeessa vuosina 2003–2009 (kuvio 10), jonka mukaan sähkömoottoreilla ym. käytöillä on 47 prosentin säästöpotentiaalit, moottorikäyttöjen kuluttaman kokonaisenergian säästöpotentiaalista. Tutkimuksen mukaan pumpuilla on 29 prosentin säästöpotentiaalit, puhaltimilla ja ilmanvaihdolla säästöpotentiaalit ovat puolestaan 3 prosentin luokkaa ja jäähdytyksellä 4 prosentin luokkaa. [88, 90]



Kuvio 10. Moottorikäyttöjen energiansäästöpotentiaalien jakauma eurooppalaisessa Motor Challenge-hankkeessa [88, 90]

Tutkimuksen mukaan pumppujen 29 prosentin energiansäästöpotentiaalista noin 21 prosenttia kohdistuu pumpun valintaan, jossa korostuu pumpun oikea mitoitus tuotettavan prosessin suhteen (hydraulinen teho). Puhaltimiin ja ilmanvaihtoon liittyvästä 3 prosentin energiansäästöpotentiaalista, noin 1 prosentti kohdistuu moottorin valintaan ja ohjaustapaan. Sähkömoottori ym. käyttöihin liittyvästä, noin 47 prosentin energiansäästöpotentiaalista, noin 13 prosenttia liittyy energiatehokkaisiin moottoreihin ja noin 4,5 prosenttia sähkömoottorin käyttöön, jossa korostuu nopeuden säätö (esimerkiksi taajuusmuuttajakäyttö). [88, 90]

Tutkimuksessa ei selvennetä sitä, koskevatko sähkömoottori ym. käytöt myös puhaltimissa käytettäviä sähkömoottoreita. Tosin puhaltimien energiansäästöpotentiaalissa on jo huomioitu mm. moottorin valinta ja ohjaustapa, vaikka yleisesti ottaen puhaltimet lasketaan toimivaksi sähkömoottorijärjestelmän osana sekä lisäksi ne katsotaan mekaanisiksi laitteiksi, jotka on suunniteltu varustettavaksi tai käytettäväksi sähkömoottoreilla. Puolestaan sähkömoottori ym. käyttöihin liittyvässä energiansäästöpotentiaalissa on huomioitu myös mm. taajuusmuuttajakäytöllä saavutettavat säästöpotentiaalit, jotka olennaisesti liittyvät myös säädettyihin puhallin- ja pumppukäyttöihin.

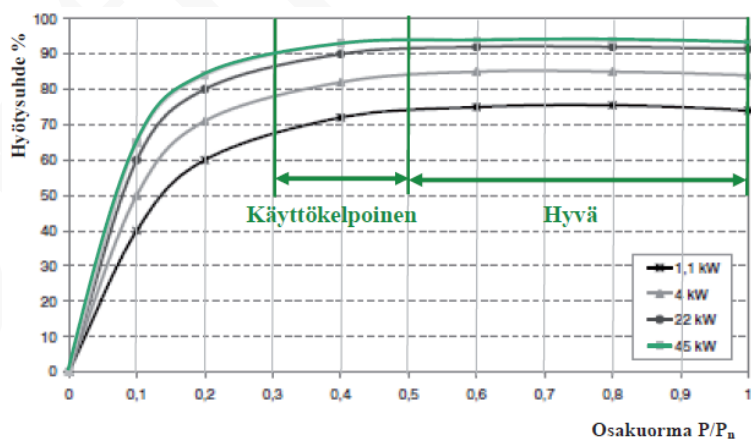
3.3.1 Sähkömoottorijärjestelmät ja energiatehokkuus

Keskeinen tekijä puhaltimien ja pumppujen toiminnalle ovat sähkömoottorijärjestelmät, joiden energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä voidaan listata seuraavasti: [91]

- Kuormitus
- **Moottoreiden energiatehokkuus (hyötysuhdeluokitukset)**
- Mitoitus
- **Sähkömoottorikäytöt (tarpeenmukaiset ohjaukset)**
- Sähköverkon laatu
- Kunnossapito

Yllä mainituilla tekijöillä on omat vaikutuksensa järjestelmän energiatehokkuuden määrittämisessä ja kaikki asiat tulee huomioida suunnittelussa. Suurimmat säästöpotentiaalit saavutetaan energiatehokkailla moottoreilla, oikealla moottoreiden mitoituksella ja tarpeenmukaisilla ohjauksilla. Tässä oppaassa ei syvennyä moottorin mitoitus menetelmiin, mutta sen sijaan käsitellään mitoituksen merkitystä moottorikäytön energiatehokkuuteen.

Moottorin mitoituksen ja ylimitoituksen merkitystä energiatehokkuuteen, voidaan havainnollistaa esimerkiksi kuvion 11 perusteella, jossa on kuvattu 4-napaisen oikosulkumoottorin hyötysuhteen käyttäytyminen osakuormilla. Oikosulkumoottorin hyötysuhde pysyy korkeana ja tasaisena kuorman ollessa 50–100 prosenttia moottorin nimellistehosta, mutta alle 50 prosentin jälkeen hyötysuhde rupeaa laskemaan ja alle 30 prosentin jälkeen hyötysuhde tippuu jo jyrkästi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että korkean hyötysuhteen omaava moottori kuluttaa tarpeettoman paljon energiaa suhteessa tuotettuun mekaaniseen tehoon, jos moottoria pyöritetään kuorman ollessa reilusti alle moottorin nimellistehon. Kuvion 11 perusteella voidaan myös havainnollistaa sitä, että moottorien mitoitus kuorman suhteen tulisi tehdä niin, että ne toimivat aina korkeimmalla hyötysuhdealueella (toimintapiste). Tällöin moottorikäytön energiankulutus pysyy tasaisena ja energiaa kuluu vain käyttötarkoituksen mukaisesti. [71]



Kuvio 11. Oikosulkumoottorin hyötysuhteen käyttäytyminen osakuormalla [71]

Moottorin korkean hyötysuhteen ja oikean mitoituksen lisäksi, energiatehokkaaseen moottorikäyttöön vaikuttaa moottorin ohjaustapa, joka nykyisin tulisi lähes poikkeuksetta toteuttaa säädettynä moottorikäyttönä. Esimerkiksi korkean hyötysuhteen omaava moottori taajuusmuuttajakäytöllä, voi säästää puhallinkäytössä energiaa jopa 30–50 prosenttia. [73]

3.3.2 Sähkömoottoreiden energiatehokkuus (hyötysuhdeluokitukset)

Moottorien energiatehokkuuden keskeisin ilmentymä on IE-luokitus (International Efficiency), joka kuvaa moottorin hyötysuhdetta. Luokitukset tulivat voimaan vuonna 2008, standardin IEC 60034-30 hyväksymisen myötä. Luokitusten keskeisenä tarkoituksena on edistää moottorien energiatehokkuutta. IE-hyötysuhdeluokat kattavat 2-, 4- ja 6-napaiset moottorit, tehoalueella 0,75–375 kW. Moottorien hyötysuhteet luokitellaan seuraavasti: [71, 88]

- IE1, joka tarkoittaa standardia hyötysuhdetta
- IE2, joka tarkoittaa korkeaa hyötysuhdetta
- IE3, joka tarkoittaa erityisen korkeaa hyötysuhdetta
- IE4, joka tarkoittaa erittäin korkeata hyötysuhdetta

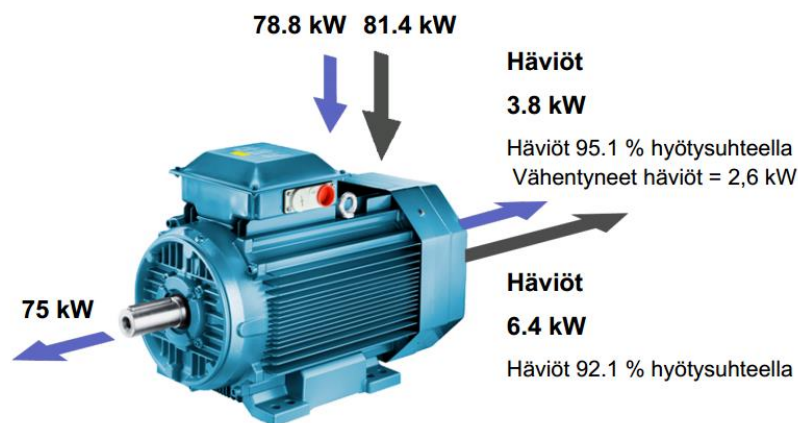
Hyötysuhteita koskevat minimivaatimukset on annettu EU-komission asetuksena (Eko-suunnitteluasetus 640/2009), johon liittyen on annettu myös aikataulut moottorien mini-hyötysuhteiden käyttöönotolle: [71, 88]

- 16.6.2011 lähtien kaikkien EU:n alueella myytävien moottoreiden on tullut täyttää hyötysuhdeluokka IE2
- 1.1.2015 lähtien tehoalueen 7,5–325 kW moottoreiden täytyy täyttää hyötysuhdeluokka IE3 tai hyötysuhdeluokan IE2 moottorit tulee asentaa taajuusmuuttajakäyttöisinä
- 1.1.2017 tehoalueen 0,75–325 kW moottoreiden täytyy täyttää hyötysuhdeluokka IE3 tai hyötysuhdeluokan IE2 moottorit tulee asentaa taajuusmuuttajakäyttöisinä

Moottorin hyötysuhteella tarkoitetaan akselilta saadun mekaanisen tehon suhdetta moottorin sähköverkoista otettuun sähkötehoon. Mitä korkeampi hyötysuhde, sitä tehokkaammin moottori muuttaa sähkötehoa mekaaniseksi tehoksi. Hyötysuhdeluokka kuvaa tavallaan siis moottorin energiatehokkuutta eli mitä suurempi hyötysuhdeluokka, sitä parempi energiatehokkuus. Moottorin korkea hyötysuhde ei kuitenkaan yksistään takaa energiatehokasta moottorikäyttöä, olennaista on myös mitoittaa moottori kuorman suhteen oikein. [71, 88]

Moottorin korkean hyötysuhteen keskeisin tekijä on moottorissa syntyvien häviöiden pienentyminen. Hyötysuhteeltaan huonossa moottorissa syntyy paljon erilaisia häviöitä, joiden muodossa energiaa kuluu tarpeettomana hukkaan. Sähkömoottorin huono hyötysuhde tarkoittaa myös tyypillisesti moottorin huonompaa materiaalien, komponenttien ja suunnittelun laatua. Moottorin häviöiden minimointi on yksi keskeisimmistä tekijöistä, jolla voidaan vaikuttaa kokonaissähköenergiankulutukseen. [92]

Moottorin korkealla hyötysuhteella on käytännössä suora vaikutus sähkönkäyttöön, sillä moottorissa syntyvien häviöiden pienentyessä, sähköenergiaa kuluu vähemmän suhteessa saavutettavaan mekaaniseen tehoon. Tämä voidaan havainnollistaa kuvan 7 perusteella, jossa on esitetty, että 75 kW standardi sähkömoottorin (IE1) vaihtaminen hyötysuhdeluokaltaan 3 prosenttiyksikköä parempaa moottoriin (IE3), pienentää moottorin häviötä jopa 40 prosenttia (2,6 kW). Häviöiden pienentyminen 40 prosentilla, eli 2,6 kW:lla säästää vuositasolla noin 1366 euroa, jos sähkönhintana olisi keskimäärin 0,060 €/kWh ja moottorin käyttötunnit 8 760 h/a. [92]



Kuva 7. Hyötysuhteen vaikutus moottorin käytönaikaisiin kustannuksiin [92]

Standardi moottorien vaihtaminen korkean hyötysuhteen moottoreihin, koskee käytännössä korjausrakentamisessa tehtäviä energiatehokkaita toimenpiteitä. Uudisrakentamiseen liittyen, saadaan kuitenkin hyvä käsitys siitä, että valitsemalla korkeimman hyötysuhdeluokan moottoreita, säästetään selvästi sähköenergiankulutuksessa. Hyötysuhteen merkitys on keskeinen tekijä varsinkin suuren teholuokan sähkömoottoreissa, kuten kuvan 7 esimerkissä on esitetty. Suuren teholuokan sähkömoottorien käyttökohteita ovat tyypillisesti teollisuuden erilaiset tuotantoprosessit. [92]

Talotekniikassa puhallin- ja pumppukäyttöjen moottorit, ovat teholuokiltaan tyypillisesti reilusti pienempiä, kuin kuvan 7 esimerkissä. Esimerkiksi ABB:n tuotevalikoimissa tällaisia moottoreita ovat pienjännitemoottorit, joista tyypillisimmät mallit ovat vakiovalurauta- ja alumiinimoottorit, eli ns. vakio- ja oikosulkumoottorit. ABB:n pienjännite vakio- ja oikosulkumoottoreita on saatavilla IE2 luokassa, mutta IE3 luokassa niitä ei ainkaan vielä ole saatavilla. IE1 luokan moottoreita ei ole laisinkaan ABB:n valikoimissa, joten tällä hetkellä toteutettavat talotekniikan sähkömoottorikäytöt ovat tyypillisesti IE2 hyötysuhdeluokan moottoreilla toteutettuja. IE4 luokan sähkömoottoreita on vielä tois- taiseksi valikoidusti saatavilla, esimerkiksi oikosulkumoottorit teholuokassa 11–55 kW, ovat vasta tulossa markkinoille. [93]

Käytönaikaiseen sähköenergiankulutukseen voidaan siis vaikuttaa merkittävästi valitsemalla järjestelmään hyötysuhdeluokituksestaan mahdollisimman korkealuokkaisia moottoreita. Korkean hyötysuhteen ansiosta, myös moottorin tuottama lämpöenergia pienenee häviöiden pienentymisen myötä, mikä kaiken kaikkiaan pidentää moottorin elinikää ja huoltovälejä sekä parantaa moottorin luotettavuutta. Korkean hyötysuhteen ansiosta saavutetaan kaiken kaikkiaan energiansäästöä ja kustannussäästöjä sekä vähennetään ympäristönkuormitusta.

3.3.3 Tarpeenmukainen käyttö

Puhallin- ja pumppukäyttöjen tarpeenmukaisten käyttöjen edellytyksenä ovat säädetty sähkömoottorikäytöt, joiden merkitys korostuu käytönaikaisen energiankulutuksen vähentämisessä. Esimerkiksi ilmastoinnin nestekiertoisissa talteenotoissa voidaan säästää energiaa, jos nestevirtauksen säädössä käytetään venttiili säädön (kuristussäätö) sijasta pumpun pyörimisnopeuden säätöä optimoidulla verkostomitoituksella ja oikealla moottorin valinnalla. [71]

Sähkömoottorikäytöllä tarkoitetaan järjestelmää, jossa sähkömoottorin avulla sähköenergia muutetaan mekaaniseksi energiaksi tai päinvastoin. Sähkömoottorikäyttö käsittää toisin sanoen sähkömoottorin ja sen käyttötavan, joita ovat suorat ja säädetyt ohjaustekniikat. Energiatehokas ratkaisu saadaan aikaiseksi säädetyillä sähkömoottorikäyttöillä, joita talotekniikassa tyypillisesti käytetään ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistoilmapuhaltimien ohjauksiin, kiertovesipumppujen sekä jäähdytysjärjestelmän pumppujen ja puhaltimien ohjauksiin. [94]

Talotekniikan puhallin- ja pumppukäytöt ovat nykyisin lähes poikkeuksetta toteutettu säädetyillä ohjaustekniikoilla, joka usein on myös yksi keskeisimmistä edellytyksistä ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen tarpeenmukaiselle käytölle. Tyypillisesti talotekniikan puhallin- ja pumppukäytöt on varustettu AC-moottoreilla (oikosulkumoottori) ja taajuusmuuttajakäytöllä. [94]

Joissakin tapauksissa tulee kuitenkin harkita perinteistä suoraa moottorikäyttöä, kuten vakioiduissa prosesseissa tai tilanteissa, joissa vaaditaan suurta käyttövarmuutta. Vakioituja prosesseja voi olla esimerkiksi vakioilmastointikoneiden puhaltimet ja erityisen suurta käyttövarmuutta puolestaan vaaditaan esimerkiksi savunpoistopuhaltimilta. [94]

Taajuusmuuttajan toiminta perustuu taajuuden muuttamiseen, jonka pääasiallinen tarkoitus puhallin- ja pumppukäytöissä on kolmivaiheisen oikosulkumoottorin pyörimisnopeuden säätö. Taajuusmuuttaja toimii myös sähkömoottorin liitäntänä sähköverkkoon sekä samalla moottorin yli- ja alikuormitusuojana. Taajuusmuuttajan käyttöliittymällä voidaan vaikuttaa käytön aikaiseen energiatehokkuuteen, esimerkiksi automaattisella momenttikäyrän optimoimisella kuormituksen suhteen. Taajuusmuuttajat voidaan myös varustaa väyläliittymillä, mikä on yksi edellytyksistä nykyisen rakennusautomaation osalta. Rakennusautomaatioon liittämällä taajuusmuuttajien toimintaa voidaan seurata ja valvoa (kulutustiedot, hälytykset jne.). [94, 95]

Taajuusmuuttajaa voidaan käyttää myös useiden moottorien ohjaukseen samanaikaisesti eli ns. monimoottorikäyttöihin. Puhallin- ja pumppukäytöt ovat taajuusmuuttajalle lähes yksinkertaisimpia kuormia ohjata. Taajuusmuuttajakäytöllä puhallin- ja pumppukäytöissä saavutetaan mm. seuraavia etuja: [91, 94]

- moottorien pyörimisnopeuden säätö, mikä mahdollistaa prosessien tarkemman hallinnan ja tarpeenmukaisen käytön sekä vähentää sähkönkulutusta
- hallittu pehmeäpysäytys, estää putkistoihin ja venttiileihin kohdistuvat äkilliset mekaaniset rasitukset (paineiskut), mikä pidentää putkistojen elinkaarta
- hallittu pehmeäkäynnistys, estää hihnojen luistamiset ja tarpeettomat melut sekä laakereihin kohdistuvat rasitukset, mikä pidentää moottoreiden ja puhaltimien elinkaarta
- **energiansäästö**, yhdessä korkean hyötysuhteen moottorin kanssa voi säästää puhallinkäytössä energiaa jopa **30–50 prosenttia**

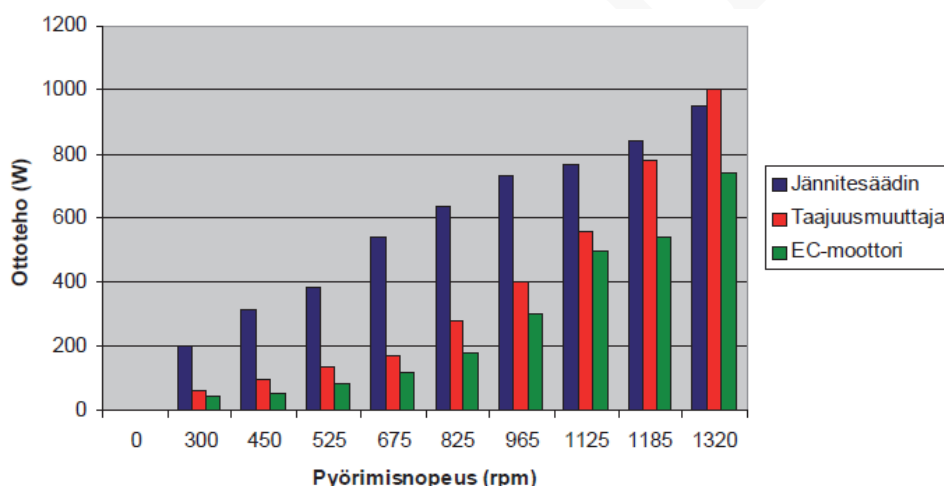
Taajuusmuuttajakäytöllä saavutettava edut vaikuttavat siis koko puhallin- tai pumppukäytön energiatehokkuuteen, pienentämällä merkittävästi käytönaikaista energiankulutusta sekä kunnossapitokustannuksia.

Taajuusmuuttajakäyttöä suunniteltaessa tulee kuitenkin huomioida, että oikosulkumoottorin kuormitettavuus on rajallinen. Pienillä taajuuksilla ($f \leq 50$ Hz) moottorin jäähdytyskyky alenee, kun pyörimisnopeus laskee ja puolestaan suurilla taajuuksilla ($f \geq 50$ Hz) jännite on vakio ja moottorin magnetointi heikkenee. Tämä rajoittaa taajuusmuutta-

jakäytön toiminta-aluetta oikosulkumoottorien ohjauksessa. Taajuusmuuttajakäytöissä, joissa ajetaan pitkiä aikoja pienillä taajuuksilla, tarvitaan tietystä moottorirunkokoosta ylöspäin erillistuulettusta moottorin jäähdytykseen. Pienitehoisilla moottoreilla (< 4 kW), moottorit saattavat pienillä taajuuksilla lämmitä liikaa jo tyhjäkäynnissä. Pienten moottorien taajuusmuuttajakäyttöä suunniteltaessa tulee sopivuus varmistaa valmistajan kanssa. [95]

Puhallinkäyttöjen taajuusmuuttajakäytölle vaihtoehtona on EC-moottori, joka on elektronisesti kommutoitu tasavirtamoottori. EC-moottori on varustettu omalla, moottoriin integroidulla ohjauselektronikalla, joten erillistä tehonsäätötekniikkaa ei tarvita. Moottorin pyörimisnopeutta säädetään 0–10 VDC standardi ohjausviestillä ja sen toiminta-alue on laajempi kuin taajuusmuuttajakäytöissä (0–100 prosenttia). EC-moottoreiden hyötysuhde pysyy taajuusmuuttajalla ohjattua oikosulkumoottoria parempana koko säätöalueella. EC-moottoreilla saavutettavat edut ovat samat kuin taajuusmuuttajakäytössä, eli säädetyn moottorikäytön edut. [71, 81]

EC-moottorit ovat huomattavasti energiatehokkaampia kuin taajuusmuuttaja ohjatut oikosulkumoottorit, varsinkin alle 5 kW:n teholuokassa ja etenkin pienillä osanopeuksilla (kuvio 12). EC-moottorit ovat hiljalleen korvaamassa puhaltimissa käytettävät perinteiset oikosulkumoottorin ja taajuusmuuttajakäytön yhdistelmät. Taajuusmuuttajakäytön ja EC-moottorin energiatehokkuutta on havainnollistettu kuviossa 12, jossa on kuvattu eri tehonsäätötapojen vaikutusta energiankulutukseen. [71, 81]



Kuvio 12. Tehonsäätöjen vaikutus energiankulutukseen [71]

Tulee kuitenkin huomioida, että säädetty moottorikäyttö ei ole aina edellytyksenä toimivaan ja energiatehokkaaseen ratkaisuun. Joissakin puhallin- ja pumppukäytöissä myös yksinkertainen ohjaustekniikka on tehokasta.

3.4 Valaistus

Valaistus on ollut pitkään yksi suurimmista laitesähkön kuluttajista asuinrakennuksissa, mutta perinteisesti valonlähteenä käytettyjen hehkulamppujen markkinoilta poistumisen jälkeen, on valaistuksen osuus asuinrakennuksen laitesähkönkulutuksessa pienentynyt huomattavasti. Vuonna 2011 valaistuksen osuus asuinrakennusten laitesähkönkulutuksesta oli noin 8 prosenttia, kun vuonna 2006 osuus oli vielä noin 14 prosenttia. Vuonna 2011 valaistuksen muodostama 8 prosentin sähköenergiankulutus jakautui niin, että sisävalaistuksen osuus oli 6 prosenttia ja ulkovalaistuksen osuus 2 prosenttia. [70]

Asuinrakennusten valaistusratkaisut jaetaan sisä- ja ulkovalaistukseen, jotka muodostavat omat järjestelmänsä. Valaistusjärjestelmällä tarkoitetaan valaisimien, liitäntälaitteiden, valonlähteiden ja ohjausjärjestelmien muodostamaa kokonaisuutta.

Energiatehokkaan valaistusratkaisun lähtökohtana on se, että valaistukseen liittyvissä ratkaisuissa ei saa tinkiä valaistuksen laadusta. Laadullisesti hyvä ja energiatehokas valaistusratkaisu muodostuu useista eri osatekijöistä, eli kokonaisuuden hallinnasta. Uudisrakentamisessa rakennuttajalla, arkkitehdillä, valaistussuunnittelijalla ja käyttäjällä voi olla tästä hyvinkin erilainen käsitys. [96]

Tässä oppaassa käytetään valaistukseen liittyen termiä työtehtävä tai työalue, jolla tarkoitetaan tässä oppaassa; asuinrakennuksissa suoritettavia tehtäviä, jotka voidaan katsoa työtehtäviksi. Tällaisia tehtäviä voivat olla esimerkiksi ruuanlaitto keittiössä, jolloin työalueella tarkoitetaan mm. keittiön työtasoilla suoritettavia tehtäviä.

3.4.1 Energiatehokkaan valaistusratkaisun osatekijät

Sisävalaistusta koskevissa energiatehokkuusvaatimuksissa esitetään, että valaistus on suunniteltava vastaamaan valaistusvaatimuksia tiettyä tehtävää tai tilaa varten energiatehokkaalla tavalla niin, että yksinkertaisesti ei tingitä valaistusasennusten näköolosuhteista energiankulutuksen alentamiseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että asuinrakennukseen kuuluvien tilojen ja huoneistojen onnistuneet valaistusratkaisut vaativat sekä laatu- että energiatehokkuusnäkökohtien yhtäaikaista hallintaa. [64]

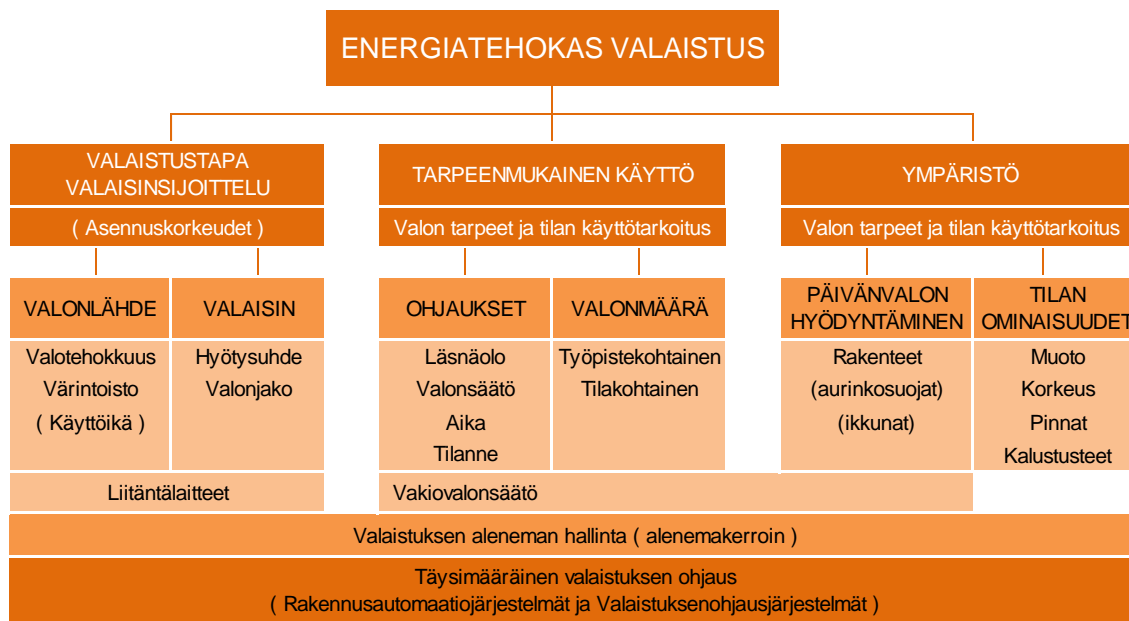
Asuinrakennusten valaistukselle ei ole asetettu omia energiatehokkuusvaatimuksia tai suosituksia, joilla ohjattaisiin valaistussuunnittelua. Tärkeä tekijä onkin asettaa valaistusratkaisulle selkeät energiatehokkuustavoitteet sekä lisäksi noudattaa valaistukseen liittyviä yleisiä ST-ohjeita ja -kortteja sekä tarvittaessa soveltaa julkisille rakennuksille asetettuja valaistuksen energiatehokkuusvaatimuksia. [98]

Energiatehokkaassa valaistusratkaisussa tulee investoida suunnitteluun ja tilan tai alueen valaistustarpeiden selvittämiseen, joihin liittyen keskeisiä tekijöitä ovat esimerkiksi: [97]

- Valon oikea määrä, oikeaan aikaan ja paikkaan
- Energiatehokkaat ja laadukkaat valaisimet, lamput ja liitäntälaitteet
- Valaistusjärjestelmän korkea hyötysuhde
- Ohjaustapojen ja päivänvalon tehokas hyödyntäminen

Energiatehokas valaistus ei ole siis yksiselitteinen asia, jossa esimerkiksi pelkällä LED-lampulla tai -valaisimella, saavutettaisiin energiatehokas valaistusratkaisu. Valaistuksen

energiatehokkuutta ei voida mitata yksittäisillä valonlähteillä, valaisimilla tai ohjausratkaisuilla. Hyvä ja energiatehokas sisävalaistusratkaisu, on laatu- ja energiatehokkuustekijöiden muodostama usean osatekijän summa, jossa valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa koko valaistusratkaisu (kuva 8). [96]



Kuva 8. Energiatehokkaan valaistusratkaisun osatekijöitä [96, 98]

Valaistuksen energiatehokkuus riippuu kuvan 8 mukaisesti useista osatekijöistä, kuten valaisimien ominaisuuksista ja niiden sijoittelusta sekä valaisimissa käytettävistä liitälaitteista ja valonlähteistä sekä niiden ominaisuuksista. Valaistava ympäristö, kuten huonepinnat tai käyttötarkoitus, puolestaan vaikuttavat tuotettavan valon määrään (valaistuksen tehokkuus).

Valaistusratkaisun energiatehokkuuden arvioinnille on oma mittari (LENI-indeksi), jota käytetään julkisten rakennusten valaistuksen energiatehokkuuden arviointiin. Asuinrakennuksille ei ole omaa valaistusratkaisun arviointi työkalua, mutta LENI-indeksiä käyttämällä voidaan myös asuinrakennusten valaistusratkaisuiden energiatehokkuutta tarvittaessa arvioida. [64]

3.4.1.1 Valaistuksen energiatehokkuuden arviointi, LENI-indeksi

Valaistusjärjestelmän energiavaatimusten arviointimenetelmät on annettu standardissa *SFS-EN 15193 Rakennusten energiatehokkuus, Valaistuksen energiatehokkuus*. Standardissa esitetään yhtäläiset edellytykset ja menettelyt julkisten rakennusten valaistuksen energiatarpeen määrittämiseksi sekä lisäksi määritellään laskentamenetelmä rakennuksen sisävalaistuksen energian kulutuksen laskemiseksi numeerisella valaistuksen energiatehokkuusindikaattorilla (LENI-indeksi). [99]

LENI-indeksi kuvaa siis rakennuksen sisävalaistuksen numeerisen kokonaisenergiankulutuksen, joka saadaan jakamalla valaistuksen vuotuinen kokonaisenergiankulutus (W_{kok}) rakennuksen pinta-alalla (A). LENI-indeksin laskennassa otetaan huomioon, seuraavat tekijät: [100]

- vuotuisessa kokonaisenergiakulutuksessa (W_{kok}), otetaan huomioon valaistukseen käytetyn energian lisäksi, valaistuksen ohjaus- ja liitälaitteiden lepokulutus, sekä turvalaistuksen akkujen lataamiseen kuluva energia (W/vuosi)

- pinta-alalla (A) tarkoitetaan, vain laskennassa huomioitujen sisätilojen kokonaispinta-alaa (m^2)

Keskeiset tekijät valaistusratkaisun energiatehokkuuteen liittyen (kuva 8), jotka pyritään huomioimaan myös LENI-indeksin laskennassa, ovat: [99]

- Valonlähteen energiatehokkuus (valotehokkuus)
- Valaisimen hyötysuhde
- Liitäntälaitteen energiatehokkuus
- Ohjaukset
- Päivänvalon hyödyntäminen
- Valon aleneman hallinta (alenemakerroin)

Valaistuksen kuluttaman energian arvioinnilla, saavutetaan numeerisen vertailutiedon ($kWh/m^2/vuosi$) lisäksi, myös tietoa lämmitys- ja jäähdytyskuormista rakennuksen kokonaisenergian määrittämiseksi. Standardi koskee julkisia rakennuksia, kuten toimistoja, kouluja, sairaaloja, hotelleja, ravintoloita, urheilutiloja, tukku- ja vähittäismyymälöitä sekä tuotantolaitoksia. Asuinrakennuksille ei ole määritetty vastaavia arviointimenetelmiä, joten tässä oppaassa ei perehdytä niihin yksityiskohtaisemmin. [99]

3.4.2 Tilan käyttötarkoitus ja valaistuksen laatutekijät

Energiatehokkaan sisävalaistusratkaisun lähtökohtana ovat laadullisten tekijöiden varmistaminen standardin SFS-EN 12464-1 vaatimusten mukaisesti. Vaatimukset koskevat julkisia rakennuksia ja tiloja sekä niissä suoritettavia työtehtäviä. Asuinrakennusten osalta, standardin laatuvaatimuksien voidaan katsoa koskevan esimerkiksi kerrostalojen teknisiä tiloja, liikennealueita, parkkihalleja ja muita vastaavia rakennusten yleisiä tiloja, joiden katsotaan olevan taloyhtiön julkisia kokoontumisalueita (taulukko 6). Muilta osin standardia voidaan soveltaa esimerkiksi asuinhuoneistojen valaistusvoimakkuuksien määrittämiseen. [64]

Pientalojen valaistuksen suunnittelussa, tulisi laadulliset tekijät huomioida suunnitteluvaiheessa yhdessä käyttäjän kanssa, jolloin voidaan määrittää mahdollisten työtilojen valaistustarpeet. Tällöin pitää myös muistaa muuntojoustavuus, koska asumistilanteet muuttuvat elämäntilanteiden mukana.

Asuinkerrostaloissa puolestaan on hankalampaa määritellä etukäteen työtilojen valaistustarpeita tai muuntojoustavuutta, ellei sellaisia ole annettu lähtötiedoissa. Asuinkerrostaloissa käytetään hyvin tyypillisesti kiinteitä valaisinpisteitä, jolloin ainakin keittiöiden työpisteiden valaistusvoimakkuudet tulisi varmistaa laadullisilta tekijöiltään näköolosuhteet täyttäviksi. Asuinkerrostaloissa kuitenkin yhä enenevässä määrin käytetään kiinteitä valaisimia, esimerkiksi eteisissä ja pesuhuoneissa, jolloin kyseisten tilojen näköolosuhteet voidaan myös toteuttaa laadulliset tekijät huomioiden.

Vaikka asuinrakennuksien asuinhuoneistoille ei ole asetettu varsinaisia vaatimuksia valaistukseen liittyen, on niiden laadulliset tekijät suositeltavaa määrittää, jolloin näköolosuhteet pysyvät erinomaisina tiettyä tilaa tai työtehtävää varten.

Tärkeimmät standardin mukaiset valaistussuunnitteluperusteet, joiden mukaan määritellään ylläpidettävät näköolosuhteet eri tilanteissa, liittyvät seuraaviin valaistuksen laadullisiin tekijöihin: [64]

- Luminanssijakauma
- Valaistusvoimakkuus
- Häikäisy
- Sisätilan valaiseminen
- Väriominaisuudet
- Välkyntä
- Valaistuksen alenemakerroin
- Valon vaihtelevuus

Valaistuksen hyvällä laadulla on muutakin merkitystä kuin näköolosuhteiden ylläpitäminen. Valo on yksinkertaisesti tärkeää jokaisen ihmisen terveydelle ja hyvinvoinnille, niin työpaikoilla kuin asunnoissakin, sillä se vaikuttaa ihmisten mielialaan, tunteisiin ja vireystilaan. Lisäksi se voi myös tukea ja tahdistaa vuorokausirytmisiä sekä vaikuttaa ihmisten fysiologiseen ja psyykkiseen tilaan. Tutkimusten perusteella, edellä mainittuihin tekijöihin vaikuttavat standardissa *SFS-EN 12464-1* esitettyjen valaistussuunnitteluperusteiden lisäksi myös ns. ei-visuaalinen valaistusvoimakkuus ja värivaikutelma. [64]

Valon laadulla on tutkitusti merkittävä ei-visuaalinen vaikutus ihmisen vuorokausirytmien mukaisiin fysiologisiin tiloihin, kuten aineenvaihduntaan ja kehon hormonitasapainoon. Valon biologisia vaikutuksia on tutkittu laajalti, josta lyhyesti voidaan nostaa esiin kirkkaan eli sinisävyisen valon vaikutus ihmisen kehoon ja vuorokausirytmisiin. Sinisävyinen valo voi mm. vähentää ihmisen melatoniinin (ns. pimeähormoni, joka sääntelee vuorokausirytmisiä) tuotantoa merkittävästi. Sinisävyisellä valolla on katsottu olevan myös merkittävin vireystilaa aktivoiva vaikutus, kun puolestaan punasävyisellä valolla on rentouttava vaikutus. [101]

Ihmisen vuorokausirytmien vaikuttaa pääasiassa päivänvalo, jota mukailemalla tietyn värisävyisellä keinovalolla, voidaan esimerkiksi kasvattaa ihmisen vireystilaa ja näin tehostaa suorituskyyä. Valon laadulla on osoitettu olevan seuraavia yleisiä vaikutuksia ihmisen fysiologisiin tiloihin: [101]

- Unen pituus ja syvyys
- Unen ja aktiivisuustason hallinta
- Suorituskyvyn paraneminen

3.4.2.1 Valaistusvoimakkuus (valon määrä)

Valaistusvoimakkuus on yksi tärkeimmistä valaistuksen laatuun vaikuttavista tekijöistä, joka kuvaa valaistusjärjestelmän tehokkuutta. Valaistusvoimakkuus (E) määrittelee määrätylle pinnalle kohdistuvan valon määrän pinta-alayksikköä kohden, jonka yksikönä käytetään luksia (lx). Sisävalaistuksen valaistusvoimakkuudet vaihtelevat yleisimmin 100–1000 luksin välillä. [100]

Standardissa *SFS-EN 12464-1* valonmäärä esitetään suositeltavina tila- ja tehtäväkohtaisina suositeltavina valaistusvoimakkuuksina. Suositusarvo on valaistusvoimakkuuden huoltoarvo, jonka alle valaistustaso ei saa pudota valaistuksen elinkaarenaikana. Tällä tarkoitetaan ennen valaistushuoltoa saatavaa keskimääräistä valaistusvoimakkuuden

(E_m) miniarvoa. Suunnittelussa tämä tulee ottaa huomioon ns. ylimitoittamalla kyseisen tilan tai työtehtävän vaaditut valaistusvoimakkuudet. [96]

Energiankäytön kannalta valaistusvoimakkuuksien määrittäminen työalueelle on järkevää, koska tällöin valo voidaan keskittää työalueelle ja valaista pienemmällä valon määrällä ne alueet, jossa ei vaadita tarkkoja näköolosuhteita. Standardissa kuitenkin varmistetaan se, että valaistusta ei keskitä pelkästään työalueella, joka johtaisi näköolosuhteiden sopeutumisvaikeuksiin. Tämä varmistetaan työalueen välittömällä lähiympäristön muodostamalla alueella ja sen minivaatimuksilla. Esimerkiksi keittiöiden työtasojen valaistuksessa, tämä tulee yleensä huomioitua luonnostaan vähintään kiinteällä valaisinpisteellä katossa. [96]

Taulukossa 6 on esitetty standardin asettamia laatuvaatimuksia valaistukselle, joiden voidaan katsoa koskevan asuinrakennusten yleisiä tiloja. Standardissa on esitetty, että mikäli tiettyä tilaa (aluetta), tehtävää tai toimintaa ei ole esitetty, sovelletaan samankaltaiselle tai vastaavalle tilanteelle annettuja arvoja. Esimerkiksi taulukossa 6 esitetyistä vaatimuksista talopesulat on sovellettu pesuloita koskevista vaatimuksista, joihin sisältyy mm. pesu ja silitys tilojen vaatimukset. Taulukon rakenne on seuraava: [64]

- Sarake 1 ilmaisee alueet, tehtävät tai toiminnot, joita asetetut vaatimukset koskevat
- Sarake 2 ilmaisee keskimääräisen ylläpidettävän valaistusvoimakkuuden
- Sarake 3 ilmaisee UGR-häikäisyindeksin maksimiarvon
- Sarake 4 ilmaisee valaistusvoimakkuuden tasaisuuden vähimmäisarvon, sarakkeessa 3 ilmaistulla ylläpidettävällä valaistusvoimakkuudella
- Sarake 5 ilmaisee pienimmän sallitun värintoistoindeksin, sarakkeessa 2 esitetyille tilanteille

Taulukko 6. Standardin SFS-EN 12464-1 mukaisia valaistusvaatimuksia, joiden voidaan katsoa koskevan asuinrakennuksia [64]

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m / lx	UGRL	U0	Ra	Erityisvaatimukset
Liikennealueet ja rakennusten yleiset tilat					
Liikennealueet ja käytävät	100	28	0,4	40	kts. Standardi
Ajoluiskat	150	25	0,4	40	
Portaikot	100	25	0,4	40	kts. Standardi
Pysäköintihallit					
Sisään- ja ulosajorampit (päivällä)	300	25	0,4	40	kts. Standardi
Sisään- ja ulosajorampit (yöllä)	75	25	0,4	40	kts. Standardi
Ajoradat	75	25	0,4	40	kts. Standardi
Pysäköintialueet	75	-	0,4	40	kts. Standardi
Yleiset tilat asuinrakennusten sisällä					
Kuntoilutilat	300	22	0,4	80	
Vaatehuoneet, pesutilat, kylpyhuoneet, WC	200	25	0,4	80	kts. Standardi
Varastotilat	100	25	0,4	60	kts. Standardi
Talopesulat (soveltaen)	300	25	0,6	80	
Muut tilat asuinrakennusten sisällä					
Talotekniset tilat ja kytkentälaitetilat	200	25	0,4	60	

Asuinhuoneistoille ei ole asetettu yleisiä valaistusvaatimuksia, mutta standardia voidaan myös käyttää muiden tilojen valaistussuunnittelun tukena, jotta voidaan määrittellä valaistuksen laadulliset tekijät. Standardia voidaan käyttää esimerkiksi keittiöiden valaistustasojen määrittämisen tukena, jolloin varmistetaan ns. työtehtävään vaadittavat valaistustasot.

Asuinhuoneistoja koskevia vaatimuksia tai suosituksia ei ole asetettu, mutta suuntaa antavina valaistusvoimakkuusarvoina voidaan suunnittelussa käyttää taulukon 7 mukaisia arvoja, jotka on sovellettu julkisten rakennusten valaistusvaatimuksia koskevasta standardista SFS-EN 12464-1. Esimerkiksi asuinhuoneiston keittiön työpisteiden valaistusvoimakkuudet, on sovellettu ravintoloita koskevista, keittiötilalle asetetuista vaatimuksista. [102]

Taulukon arvot perustuvat standardin mukaisiin työtilojen valaistussuosituksiin sekä näkötehtävien suorittamisen minivalaistustasoihin sekä niissä on huomioitu energiatehokkuusnäkökulmat. [102]

Taulukko 7. Asuinrakennusten eri tilojen suositeltavia valaistusvoimakkuustasoja [102]

Tila, tehtävä tai toiminta	Em / lx	Tarkennus
Eteinen		
Pystypinnat	200	
Lattiatasolla	150	
Keittiö		
Työpisteet ja työtasot	300-500	
Hyllyjen pystypinnat	100-200	
Ruokapöytä	0-500	Säädettävä valaistus
Makuuhuone		
Perusvalaistus	30	Lattiatasolla
ns. Lukuvalaistus	300-500	
Vaatehuone	10-200	Pystypinnat
Olohuone		
Perusvalaistus	30	Lattiatasolla
ns. Lukuvalaistus	300-500	
Tunnelmavalistus	-	Säädettävyyden, useita valaistus-tilanteita
Kylpyhuone ja sauna		
Yleisvalo	50	Lattiataso
Tunnelmavalistus	-	
Kodinhoituhuone		
Työpisteet ja työtasot	300-500	
Hyllyjen pystypinnat	100-200	
Varastot		
Yleisvalo	100	Lattiatasolla
Varastohyllyjen pystypinnat	100-200	
Standardiin vertailu		
Keittiöt, työtasot	500	
Vaatehuoneet, pesutilat, kylpyhuoneet, WC	200	kts. Standardi

Valaistusvoimakkuuksien määrittelyssä tulee lisäksi huomioida, että standardit on tehty noin 30-vuotiaiden ihmisten näkökykyjen mukaisesti. Esimerkiksi 60-vuotiailla on jopa kolme kertaa niin suuri valaistusvoimakkuuden tarve kuin 20-vuotiailla. Tämä on tärkeä

tekijä ottaa huomioon valaistusvoimakkuuksien määrittämisessä, kun suunnitellaan esimerkiksi palvelutalojen valaistusjärjestelmiä. [103]

3.4.2.2 Väriominaisuudet (värilämpötila ja värintoisto)

Valaistuksen laatu on hyvin riippuvainen valonlähteen tuottaman valon väristä (värilämpötila) sekä kyvystä toistaa värejä (värintoisto).

Värilämpötilaa mitataan Kelvineissä (K) ja sen oikea lämpötila riippuu suositusten mukaan psykologiasta, estetiikasta ja siitä, mitä koetaan luonnolliseksi missäkin tilanteessa. Standardissa ei suositeta mitään erityistä värilämpötilaa, mutta kuluttajien käytössä tyypillisimmin suositetaan lämminsävyistä valoa (2700–3200K) tai hieman neutraalimman sävyistä valoa (3200–4000K). Vireyttä vaativissa olosuhteissa tulee suosia neutraaleja ja viileitä värilämpötiloja, kuten 4000–5000K. [96, 104]

Asuinhuoneistoissa tavanomaisesti suositetaan lämminsävyistä valoa sen rentouttavan vaikutuksen takia. Taulukossa 8 on esitetty värilämpötilat ja niiden vaikutelmat, aistimukset sekä vertailulämpötilat. [104]

Taulukko 8. Valonlähteiden värilämpötilat [104]

Värilämpötila	Vaikutelma	Aistimus	Vertailulämpötila
2500 K	lämmin	keltainen / oranssi	aurionnousu
2700 K	lämmin	kellertävä	hehkulamppu
2900 K	hieman lämmin	kellertävän valkoinen	halogeenilamppu
3000 K	hieman lämmin	taitettu valkoinen	lämmin valkoinen loistelamppu
3500 K	neutraali	valkoinen	neutraali valkoinen loistelamppu
4000 K	neutraali	raikas valkoinen	viileä valkoinen loistelamppu
5000 K	viileä	viileä sinertävä	päivänvalo
6500 K	kylmä	kylmän sinertävä valkoinen	kylmä päivänvalo
10000 K	erittäin kylmä	violettiin vivahtava sininen	valtameri 5 m syvyydessä

Valon värilämpötilan lisäksi, värintoistokyky (Ra-indeksi) on oleellinen valon laatu-kriteeri, johon liittyen standardissa annetaan hyvinkin tiukkoja raja-arvoja. Standardin mukaan lamppuja, joiden värintoistokyky on pienempi kuin 80, ei tule käyttää tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti.

Asuinhuoneistojen sisätilojen valaistukseen suositellaan käytettäväksi ainoastaan erinomaisen värintoiston omaavia valonlähteitä (90–100 Ra). Muissa tiloissa, kuten varastoissa ja aputiloissa, voidaan käyttää myös heikomman värintoistokyvyn omaavia valonlähteitä (80–90 Ra). Taulukossa 9 on esitetty eri valonlähteiden värintoistokykyjä ja niiden laatua. [96, 104]

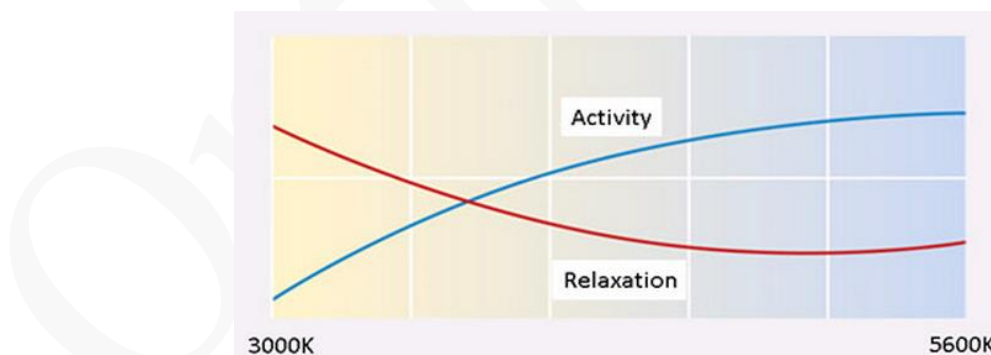
Taulukko 9. Valonlähteiden värintoisto [104]

Ra-indeksi	Arvosteluasteikko	Valonlähteet
100	täydellinen	aurion tuottama päivänvalo, hehku- ja halo-geenilamput
90–100	erinomainen	erikoisloistelamput, laadukkaat led-lamput, muut erikoislamput
80–90	hyvä	tavalliset loistelamput, monimetallilamput, pienoisloistelamput, tavalliset led-lamput
70–80	tydyttävä	huonolaatuiset loistelamput
50–70	välttävä	jotkut katulamput, huonolaatuiset loistelamput
0–50	huono	katu- ja tievalot yleensä
0	ei värintoistoa	pienpainenaatriumlamput monokromaattiset eli yksiväriset valonlähteet, laservalo

3.4.2.3 Valon vaihtelevuus

Vuorokauden ajan mukaan vaihtelevat valaistusolosuhteet, kuten suurempi valaistusvoimakkuus, luminanssijakauma ja laajempi värilämpötilan vaihteluväli, yhdessä päivänvalon ja/tai tätä tarkoitusta varten optimoitujen keinovalaistusratkaisujen kanssa voivat stimuloida ihmisiä ja parantaa heidän hyvinvointiaan. [64]

Valaistusvoimakkuuden kasvattaminen nostaa aina ihmisen vireystilaa, jossa jo pienetkin muutokset vaikuttavat ihmisen vireystilaan merkittävästi. Värilämpötilaltaan kylmät valonlähteet aktivoivat vireystilaa tehokkaammin kuin lämminsävyiset valonlähteet. Valon värisävyjen ja kirkkauden vaikusta ihmisen vireystilaan eri värilämpötiloilla, on kuvattu kuvassa 9. Sinisävyisen valon ja kylmän värilämpötilan yhdistelmä aktivoi vireystilaa ja puolestaan punasävyisen valon ja lämpimän värilämpötilan yhdistelmällä on rentouttava vaikutus ihmiseen. [103]



Kuva 9. Valon värisävyjen vaikutus ihmisen vireystilaan [101]

Nykyaikaiset valaistusjärjestelmät mahdollistavat dynaamisen valon värisävyjen ja kirkkauden vaihtelun. Valon eri värisävyjä ja kirkkautta voidaan käyttää hyväksi eri tilanteissa, kuten esimerkiksi sinisen valon biologisia vaikutuksia voidaan hyödyntää ns. lisäämällä päivänvalon määrää keinotekoisella valolla. Tällaisia järjestelmiä käytetään pääsääntöisesti julkisissa rakennuksissa, kuten toimistoissa, joissa valon vaihtelevuudella parannetaan työntekijöiden suorituskykyä. [101]

Tällaisia ratkaisuita voidaan käyttää myös tietyissä asuinhuoneistojen valaistusratkaisuissa, kuten tilanteissa, joissa päivänvalon saatavuus on huono tai vuodenaikoina, jolloin päivänvalon määrä riippuu ympäristötekijöistä (talvet ja syksyt). Huippu modernissa asuinhuoneistossa, jossa katsotaan myös suoritettavan aktiivista työntekoa tai päivänvalon saatavuus on heikko, voisi mahdollisesti käyttää valaistusratkaisua, jossa valaistuksen värilämpötilaa ja kirkkautta voitaisiin muuttaa valon tarpeen tai mielialojen mukaan.

3.4.2.4 Valaistuksen aleneman hallinta (alenemakerroin)

Alenemakerroin kuvaa valaistusjärjestelmän valontuoton heikentymistä sen elinkaaren aikana eli se määrittää käytännössä valaistusjärjestelmän huoltovälin. Alenemakerroin määräytyy tilan käyttötarkoituksen mukaan (puhdas, normaali, likainen jne.), jota käytämällä varmistetaan, ettei valaistusvoimakkuus putoa vaaditun jatkuvan valaistusvoimakkuustason alapuolelle. Käytännössä valaistuksen valaistusvoimakkuudet ylimitoitetaan suunnitteluvaiheessa, jotta määräykset täyttyisivät myös juuri ennen valaistusjärjestelmän huoltamista. [100, 105]

Valaistuksen ylimitoitus voidaan käytännössä kompensoida valaistusratkaisun tarpeenmukaisella käytöllä, jossa valaistusta säädetään vakiovalosäädöllä. Esimerkiksi porraskäytävän valaistusratkaisu, joka on alenemakerroin huomioiden ylimitoitettu 15 prosentilla, voidaan valaistustaso tiputtaa vakiovalosäädöllä ylimitoituksen verran, kuitenkin valaistuksen laatua heikentämättä. Tämä tarkoittaa käytännössä suunnitellun valaistusvoimakkuuden ylläpitämistä niin, että porraskäytävän valaistus täyttää tarvittavat näköolosuhdevaatimukset.

3.4.3 Tilan ominaisuudet

Valaistusratkaisun energiatehokkuuden kannalta keskeisessä asemassa on myös valaistava ympäristö ja sen ominaisuudet. Hyvä ja energiatehokas valaistus ei ole riippuvainen ainoastaan työpisteiden tai tilojen valaistusvoimakkuuksista, vaan huoneiden ja tilojen valaistustilanteiden kokonaisuuden hallinnasta.

Tilan ominaisuudet vaikuttavat mm. suunnitellun valon määrään ja valaistuksen tehokkuuteen. Päivänvalon hyödyntäminen vaikuttaa paitsi energiatehokkuuteen myös ihmisten hyvinvointiin. Päivänvalon hyödyntäminen osana valaistusratkaisua on yksi keskeisimmistä tekijöistä, jolla voidaan vaikuttaa merkittävästi valaistuksen energiankäyttöön.

3.4.3.1 Heijastussuhteet

Valon määrää suunniteltaessa tulee huomioida tilan keskeisimmät ominaisuudet, kuten pinnat, muodot, korkeus sekä kalustus. Keskeisin edellä mainittuja ominaisuuksia yhdistävä tekijä on heijastussuhde. Tilan pinnoille tuleva valovirta heijastuu osittain pinnasta takaisin tilaan. Osa tästä säteilystä ns. imeytyy pintaan ja muuttuu lämmöksi ja osa voi myös kulkeutua pinnan läpi. [104, 105]

Heijastussuhde ilmaistaan prosentteina, joka kertoo kuinka suuri osa pinnalle kohdistuvasta valovirrasta heijastuu takaisin pinnasta. Vaaleat pinnat lähtökohtaisesti heijastavat valoa paljon ja tummat puolestaan hyvin vähän. Esimerkiksi vaaleat pinnat ja runsas valkoisen värin käyttö mahdollistavat valon leviämisen laajemmalle alueelle tilassa. Mikäli katto ja seinät ovat puolestaan tummat, kasvaa valon määrän tarve tilassa eli toisin sanoen suunniteltu valaistusvoimakkuuden tarve kasvaa. [104, 105]

Esimerkiksi mustassa huoneessa, voi työtasolla valaistusvoimakkuus olla jopa 35 prosenttia pienempi, kuin valkoisessa huoneessa samalla valaisimella ja valonlähteellä suunniteltuna. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että mustan huoneen valaistuksen ”tehoa” joudutaan kasvattamaan 35 prosenttia, jotta laatuvaatimukset täytetään. [105]

Eri pintamateriaalien tyypillisiä heijastussuhteita ovat esimerkiksi seuraavat: [104, 105]

- Valkoinen 70–85 %
- Vaaleat värit 50 %
- Tummat värit 10–30 %
- Betoni 5–50 %
- Ikkuna 10 %

3.4.4 Päivänvalon hyödyntäminen (luonnonvalo)

Päivänvalon hyödyntäminen on yksi keskeisimmistä tekijöistä valaistusratkaisun tarpeenmukaisessa käytössä. Päivänvaloa hyödyntämällä, energiansäästöpotentiaalit perustuvat siihen, että sillä voidaan tuottaa työtehtävän tai tilan/huoneiston valaistus kokonaan tai osittain. [64]

Päivänvalon hyödyntäminen on merkittävässä asemassa valaistuksessa, sillä auringonvalon aiheuttama kokonaisvalaistusvoimakkuus ylittää jopa satakertaisesti sisätilojen valaistustarpeet. Auringonvalon aiheuttama kokonaisvalaistusvoimakkuus pilvettömällä säällä (vaakatasossa) Etelä-Suomessa on suurimmillaan 85–90 klx (kiloluksia) ja puoli-pilvisissäkin olosuhteissa saavutetaan noin 40 klx:n valaistusvoimakkuus. Asuinrakennusten suositeltavat valaistusvoimakkuudet ovat luokkaa 100–500 lx (0,1–0,5 klx). [121]

Energiansäästöpotentiaalia käsiteltiin rakennusautomaatio kappaleessa, jossa esitettiin, että sillä voidaan saavuttaa 25–58 prosentin energiansäästö valaistusratkaisuissa. Lisäksi rakennuksen aurinkosuojauksien yhdistäminen osaksi valaistusratkaisua, voi tutkimuksien mukaan kasvattaa valaistuksen energiansäästöpotentiaalit jopa 39–89 prosenttiin.

Energiatehokkuuden lisäksi, päivänvalon hyödyntäminen parantaa myös näköolosuhteita ja ilmasto-olosuhteita sekä lisää tilojen käyttömukavuutta. Päivänvalon voimakkuus, suunta ja spektrisisältö vaihtelevat vuorokaudenajan mukaan ja se tuottaa vaihtelevan muodonannon ja luminanssijakauman. Edellä mainittuja tekijöitä pidetään ihmiselle edullisina mm. hyvinvoinnin ja vireystilan kannalta, kuten aiemmin laatutekijöissä esitettiin. [64]

Päivänvalon määrä vaihtelee vuorokauden ajan ja ilmasto-olosuhteiden mukaan, mikä asettaa omat haasteensa sen tehokkaan hyödyntämisen kannalta. Esimerkiksi sisätiloissa, joissa käytetään seinäikkunoita, päivänvalon saatavuus pienenee nopeasti etäisyyden ikkunoista kasvaessa. Tästä syystä saatetaan tarvita lisävalaistusta, niin riittävän valaistusvoimakkuuden varmistamiseksi työskentelyalueella kuin tilan tai huoneen luminanssijakauman tasapainottamiseksi. [64]

Päivänvalon hyödyntäminen valaistuksessa perustuu valoisuustason mittaamiseen, jonka mukaan valaistusta ohjataan päälle/pois tai säätämällä valaistusvoimakkuutta päivänvalon määrän mukaan vakiovalosäädöllä. Valaistusratkaisussa keino- ja päivänvalon sopivasta yhteiskäytöstä, voidaan varmistua käyttämällä automaattisia tai manuaalisia

ohjauksia ja/tai valonsäätöjä. Päivänvaloa hyödyntäviä ohjauksia käsitellään yksityiskohtaisemmin tarpeenmukaisia käyttöjä käsittelevässä kappaleessa. [64]

Päivänvalon hyödyntäminen tulee huomioida mahdollisimman kattavasti suunnittelu- vaiheessa, jolloin päivänvalon määrään ja lisävalaistuksen tarpeeseen, voidaan vaikuttaa merkittävästi rakenteellisilla tai muilla passiivisilla keinoilla. Esimerkiksi pinta-alaltaan suuremmilla ikkunoilla ja niiden oikealla sijoittelulla, voidaan päivänvalon määrää lisätä huomattavasti.

Päivänvalon saatavuuden varmistaminen rakennuksen sisätiloissa rakenteellisin keinoin, pienentää keinovalon määrän tarvetta, mutta samassa suhteessa kasvaa myös päivänvalon kontrolloinnin tarve. Päivänvalon kontrolloinnissa keskeisessä asemassa ovat mm. aurinkosuojusratkaisut, joita käsitellään luvussa 3.6 (*Aurinkosuojaus*).

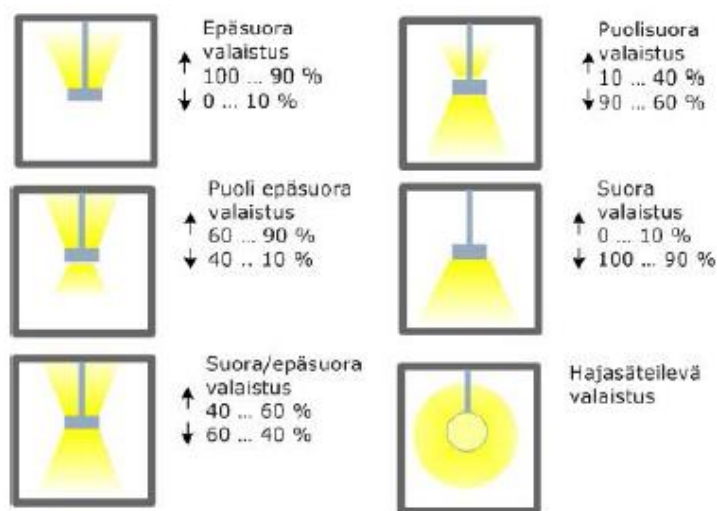
Nykyteknologia on antanut myös viitteitä tekniikasta, joka hyödyntää auringonvaloa alkuperäisessä muodossaan suoraan keinovaloksi, muuttamatta sitä sähköenergiaksi välissä. Teknologian avulla auringonvaloa voidaan viedä myös rakennuksen ikkunatto- miin tiloihin, mikä optimoisi päivänvalon hyödyntämisen sisätiloissa aivan uudella ta- valla (3.5 *SmartLight-teknologia*).

3.4.5 Valaisinsijoittelu ja valaistustavat

Valaistustavat ja valaisinsijoittelut vaikuttavat omalta osaltaan valaistusratkaisun laadul- lisiin tekijöihin sekä valon määrän tarpeen määrittämiseen. Valaistusratkaisun energia- tehokkuuden muodostumisessa, valaisinsijoittelulla ja valaistustavalla on olennainen vaikutus valon määrän tarpeeseen ja sen tuottamiseen tarvittavan valonlähteen valon- tuottoon.

Tyypillisesti valaistuksessa käytetään seuraavia asennusteknisiä valaisinsijoitteluita se- kä tilan valaistustapoja: [106]

- Valaisinsijoittelu ja asennus
 - Pinta- tai uppoasennus
 - Katto- tai seinäasennus
 - Ripustus (kattopinnasta, valaisinripustuskiskosta, virtakiskosta, hyllystä jne.)
- Valaistustavat (kuva 10)
 - Suora tai epäsuora valaistus
 - Puolisuora tai -epäsuora valaistus
 - Suora/epäsuora valaistus (yhdistelmä)
 - Hajasäteilevä valaistus



Kuva 10. Valaistustavat [106]

Energiatehokkuuden kannalta valaisinsijoittelussa korostuu mm. valaisimien asennuskorkeudet. Esimerkiksi asennuskorkeuksien kasvaessa, kasvavat samassa suhteessa valon määrän tarpeet määritettävällä pinnalla tai tasolla (esim. työtasot, lattiatasot ja seinäpinnat). Valon määrän lisääntyneet tarpeet kasvattavat luonnollisesti tarvittavien valaisimien määrää tilassa ja valaistuksen kokonaistehoa. Tällöin voi olla myös aiheellista toteuttaa valaistus ripustamalla, mikäli se on rakenteellisesti mahdollista. Ripustamalla valaisimet voidaan valon määrää ns. kasvattaa kyseessä olevalla mitoitusasolla.

Valaistustapojen merkitys energiatehokkuudessa liittyy valaistuksen oikeaan ja tehokkaaseen suuntaamiseen tilan käyttötarpeiden mukaisesti. Suora valaistus on tehokas tapa suunnata valo valaistavaan kohteeseen tiloissa, jotka ovat matalia ja niiden pinnat ovat tummia tai vähän valoa heijastavia. [106]

Puolestaan asuinrakennuksissakin hyvin yleisesti käytettävä ns. hajasäteilevä valaisin, soveltuu parhaiten yleisvalaistukseen ja tiloihin, joissa valaistavat pinnat ovat moniulotteiset. Tyypillisiä suoran ja hajasäteilevän valaistuksen käyttökohteita asuinrakennuksissa ovat eteiset, kylpyhuoneet ja keittiöt sekä rakennuksen yleiset tilat, kuten porraskäytävät ja varastot. [106]

Epäsuorassa ja puoli epäsuorassa valaistustavassa voidaan tilaa valaista tasaisemmin (laatuvaatimukset) sekä valaistut pinnat saavat näyttämään tilan suuremmalta. Epäsuoran valaistuksen haittana voi olla kuitenkin heikko varjonmuodostus, mikä tekee valaistavasta tilasta huonosti hahmoteltavan. [106]

Energiatehokkuuden kannalta kyseiset valaistustavat ovat tehottomampia, koska mm. tilan pinnat eivät heijasta kaikkea niihin kohdistuvaa valoa, mikä kasvattaa osaltaan valon määrän tarvetta tilassa. Tilan pinnat toisin sanoen syövät valaistuksen tehoa, joten tällaisissa tapauksissa pintojen tulisi olla vaaleita. Asuinrakennuksissa epäsuoraa valaistusta käytetään joissakin tapauksissa mm. porraskäytävissä sekä asuinhuoneiston ns. tunnelmavalauksessa. [106]

3.4.6 Valaisimet ja liitäntälaitteet

Valaisinta ja sen energiatehokkuutta arvioitaessa, tulee valaisimen ominaisuudet suhteuttaa sen käyttötapaan ja -tarkoitukseen. Valaisimet voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan, teknisiin ja sisustuksellisiin valaisimiin. Joissakin tapauksissa valaisimen sisustuksellinen merkitys on niin suuri, että sen valoteknisistä ominaisuuksista voidaan kuitenkin tinkiä. [100]

Valaisimet muodostuvat rungosta, häikäisysojasta, heijastimesta ja valonlähteestä sekä lisäksi valonlähteestä riippuen myös liitäntälaitteesta. Valaisimen valonlähteenä toimii joko irrotettava lamppu tai kiinteästi valaisimeen integroitu valonlähde (esim. LED-moduuli tai lamppu). Valaisimen valotekniseen ja samalla valaistuksen laatutasoon vaikuttavat pääosin heijastimen, häikäisysojan ja valonlähteen laadukkuus. [100]

Valaisimen tehtävänä tilassa on valon tuottaminen hallitusti, haluttuun kohteeseen ja mahdollisimman energiatehokkaasti, joihin liittyen valaisimen tärkeimmät ominaisuudet ovat: [107]

- Valonjako
- Hyötysuhde (Optiikka / Häikäisysoja ja heijastin)
- Liitäntälaitte (+ ominaisuudet)
- Valonlähde (+ ominaisuudet)

Valonjako ilmoitetaan valmistajien valaisinkohtaisilla valonjakokäyrillä. Valaisimia määriteltäessä tulee aina huomioida, että ne ovat valonjako omaisuuksiltaan käyttötarkoitukseen soveltuvia. Mikäli valaisin on määriteltä niin, että valonjako ei sovellu kyseiseen käyttötarkoitukseen (esim. käytävään määritellään kapean valonjaon omaavat valaisimet), kasvaa myös tarvittavien valaisimien määrä kyseisessä tilassa (riippuen tilasta). Energiatehokkuuden kannalta tämä tarkoittaa valaistusratkaisun kokonaistehon kasvamista, minkä vaikutukset näkyvät suoraan energiankäytössä ja elinkaarikustannuksissa.

Valaisimen valonjakoon vaikuttaa olennaisesti valaisimessa käytettävä valonlähde ja sen ominaisuudet. Suunnittelussa tämä tulee huomioida varsinkin nykyisten LED-lamppujen osalta niin, että kyseiset valonlähteet soveltuvat suunniteltuun valaisimeen, eikä valonjako ominaisuudet heikkene merkittävästi. Laatutekijät tulee huomioida ennen energiansäästötavoitteissa.

Valaisimen hyötysuhde, kuvaa valaisimesta ulos lähtevän kokonaisvalomäärän suhdetta, valaisimessa olevien valonlähteiden yhteensä tuottamaan kokonaisvalomäärään. Käytännössä tämä tarkoittaa energiatehokkuuden kannalta sitä, että kuinka hyvin valonlähteen valotehokkuus pystytään hyödyntämään valaisimesta valaistavaan ympäristöön. Energiatehokkaassa valaistusratkaisussa tulee aina käyttää korkean hyötysuhteen omaavia valaisimia. [100]

Valaisimen hyötysuhteeseen vaikuttaa valaisimen optiikka eli valaisimen sisäiset heijastus- ja läpäisykertoimet. Keskeisessä asemassa ovat häikäisysojien ja heijastimien materiaalit sekä niiden korkeat hyötysuhteet, jotka yhdessä muodostavat valaisimen käyttöhyötysuhteen. Häikäisysoja on yleisnimitys valaisimen rakenteelle, jonka tarkoituksena on estää valaisimen valonlähteen suuriluminanssisten osien suora näkyminen ja heijastimen päätarkoituksena on valon ohjaaminen tehokkaasti valonlähteestä valaistavaan ympäristöön. Näihin liittyen, energiatehokkuuden kannalta korostuu valaisimen

3.4.7 Valonlähteet

Valonlähteiden valinta on yksi tärkeimmistä osatekijöistä energiatehokkaassa laatuvaatimukset täyttävässä valaistusratkaisussa. Valonlähde vaikuttaa valaistuksen käytettävyyteen, laatuun, energiankulutukseen, valaistusryhmien mitoittamiseen ja valaisimen ominaisuuksiin. Lampun valinnassa keskeisiä tekijöitä ovat valontuotto, valon laatu ja hankintakustannukset sekä yhdeksi tärkeimmistä valintakriteereistä on noussut myös energiatehokkuus. [110]

Valonlähteen valinnassa tulee valaistusratkaisusta riippuen, kiinnittää huomiota useisiin laadullisiin ja teknisiin ominaisuuksiin, joita mikään lampputyyppe ei pysty kattamaan täysin. Lampun valinta onkin aina kompromissi energiankulutuksen, valon laadun ja muiden ominaisuuksien välillä. Energiatehokkaan ja laadukkaan valonlähteen lähtökohtaisina valintakriteereinä voidaan pitää seuraavia keskeisiä tekijöitä (valaistusratkaisusta riippuen): [110]

- Energiatehokkaan valaistusratkaisun osatekijöitä
 - Väriominaisuudet (Ra-indeksi ja värilämpötila)
 - Valotehokkuus
 - Polttoikä / Taloudellinen polttoikä
- Muita perusteita (tarpeenmukainen käyttö ja asennusympäristö)
 - Himmennettävyys ja ohjattavuus
 - Käyttölämpötilat
 - Sytytyskertojen määrä ja syttymisnopeus
 - Lampun fyysinen koko

3.4.7.1 Väriominaisuudet

Valonlähteen väriominaisuuksilla on merkittävä vaikutus valaistun ympäristön laatuun. Esimerkiksi lamppu, joka sävyttää ympäristön tietyn väriseksi, voi tehdä tilasta epämiellyttävän tuntuisen tai heikentää näköhavaintoa estämällä värin havaitsemista. Väriämpötilaltaan sopiva lamppu voi puolestaan korostaa tilassa tai ympäristössä olevia kohteita, joissa on lamppuun sopiva väri. [110]

Valonlähteen väriominaisuuksien merkitystä (Ra-indeksi ja värilämpötila) käsiteltiin valon laatua koskevassa kappaleessa ja liitteessä 3 on puolestaan esitetty tyypillisiä eri valonlähteiden väriominaisuuksia.

3.4.7.2 Valontuotto

Valonlähteen tuottaman näkyvän valon kokonaismäärän (valontuoton) ilmoittaa lampun valovirta lumen (lm), joka on silmän herkkyyksiluvun mukaan painotettu valonlähteen näkyvän valon säteilyteho. Valonlähteen valontuoton määrää käytetään valaistusratkaisun lamppuja määriteltäessä. Eri valonlähteiden valontuotto ominaisuudet on esitetty liitteessä 1. [110]

Vielä silloin, kun hehkulamppuja oli saatavilla, kuluttajat käyttivät tyypillisesti lampun sähkötehoa (W) lampun määrittämisessä. Lampun sähköteho ei kerro mitään lampun valontuotto kyvystä, joten sen käyttöä valintakriteerinä tulisi välttää.

Tämän hetkisten LED-lamppujen ja energiansäästölamppujen valontuoton määrää, voidaan verrata hehkulamppujen valontuottoa vastaavaan sähkötehon määrään: [111]

Hehkulamppu	LED-lamppu	Energiansäästölamppu
25 W	249 lm	229 lm
40 W	470 lm	432 lm
60 W (730 lm)	806 lm	741 lm
75 W	1055 lm	970 lm
100 W	1521 lm	1398 lm

LED- ja energiansäästölamppujen lumen-arvon tulee olla hehkulampun lumen-arvoa hieman suurempi, koska niiden valontuotto heikkenee lampun käyttöiän myötä (valovirran alenema). Valon määrän tulee riittää myös lampun käyttöiän loppupuolella, joka huomioidaan suunnittelussa käyttämällä alenemakerrointa. [111]

3.4.7.3 Valotehokkuus

Valotehokkuus (lm/W) on valolähteen säteilemän valovirran suhde sen kuluttamaan sähkötehoon, joka ilmaisee kuinka tehokkaasti sähkö muuttuu lampussa valoksi. Valotehokkuus kertoo lampun hyötysuhteen eli sillä voidaan ilmaista ns. lampun energiatehokkuutta.

Eri valonlähteiden valotehokkuuksia on esitetty liitteessä 1, jonka mukaan mm. seuraavien valonlähteiden valotehokkuudet ovat luokkaa: [110]

- (vertailu: hehkulamppu) n. 8–15 lm/W)
- LEDit n. 40–140 lm/W (kehitys nopeaa)
- Energiasäästölamput n. 40–65 lm/W
- Loisteputkivalaisimet n. 50–100 lm/W
- Halogeenilamput n. 15–35 lm/W (poistuvat)
- Elohopealamput n. 45–70 lm/W (poistuvat)
- Monimetallilamput n. 75–125 lm/W

3.4.7.4 Käyttöikä ja taloudellinen käyttöikä

Valonlähteen polttoikä kertoo lampun odotetun käyttöiän, joka on testien perusteella saatu keskiarvo suurelle joukolle samanlaisia lamppeja. Lamppujen kestävyys todelisessa käytössä vaikuttavat palo- ja lepoaikojen pituudet ja vuorottelut sekä lisäksi ympäristön lämpötilalla, puhtaudesta ja lampun liikuttelulla on myös omat vaikutuksensa kestävyys. [109, 110]

Taloudellisella polttoikäällä tarkoitetaan lampun hyötypolttoikää (taloudellinen vaihtoväli), joka lasketaan kuolleisuudesta ja valovirran alenemasta. Tällä tarkoitetaan lamppujen käyttöaikaa, jonka jälkeen lamppujen kokonaisvalovirta on laskenut 80 prosenttiin nimellisestä arvosta. Tällöin hyötypolttoikä on täynnä, kun esimerkiksi 12 prosenttia lampeista on rikkoutunut ja loppuilla lampeilla valovirran alenema on 8 prosenttia. [109, 110]

LED-valonlähteen valomäärä heikkenee käyttöiän kasvaessa, mutta ei varsinaisesti rikkoutu ellei niiden ohjain vioitu. Tästä syystä LED-valonlähteen tai lamppujen käyttöikä lasketaan niin, että valonlähde tuottaa vähintään 70 prosenttia alkuperäisestä valontuotosta ja vähintään 50 prosenttia lampeista on vielä toimintakäytössä. [111]

Lampun hyötypolttoikä voi vaikuttaa olennaisesti valaistusratkaisun elinkaarikustannuksiin, sillä rikkoutuneen lampun vaihto voi olla merkittäväkin kustannustekijä. Energiatohokkuuden kannalta tarkasteltuna, huoltovapaa lampputyyppi tai valonlähde säästää kokonaiskustannuksissa. Eri lampputyyppejen käyttöiät on esitetty liitteessä 2, jonka mukaan mm. seuraavilla valonlähteillä on saavutettavissa: [109, 110]

- (vertailu: hehkulamppu	n. 1000 h)
- LEDit	n. 20 000–100 000 h (erittäin hyvä n. 25 000 h)
- Energiansäästölamput	n. 6000–12 000 h (erittäin hyvä n. 10 000 h)
- Loisteputkilamput	n. 10 000–16 000 h (T5 n. 15 000 h)
- Halogeenilamppu	n. 2000–4000 h
- Elohopealamput	n. 12 000–24 000 h
- Monimetallilamput	n. 6000–12 000 h

Muuta huomioitavaa

Energiatohokkuuden kannalta voisi kuvitella, että tehokkain valonlähde on korkean valotehokkuuden ja pitkän käyttöiän omaava valonlähde. Kuten aiemmin esitettiin, niin se ei vielä riitä, lisäksi tulee huomioida useita tekijöitä valonlähdetä valittaessa. Tärkeää on huomioida mm. käyttötarkoitus, ympäristötekijät sekä valaistustapa ja ohjattavuus. Lisäksi on hyvä vertailla eri valonlähteiden ominaisuuksia, kuten LEDiä ja loisteputkilamppuja (esim. kaksikantaiset T5-lamput ja yksikantaiset energiansäästölamput).

Olennaista on myös huomioida valonlähteiden sytytyskertojen määrä esimerkiksi tilanteissa, joissa valoja kytketään päälle/pois usein, kuten porraskäytävissä tai muissa yleisissä tiloissa. Jos valojen kytkemin on jatkuvaa päälle/pois toimintaa, (esim. läsnäolotunnistimella käytävissä) tulee lamppujen olla kyseiseen toimintaan soveltuvia. Tähän voidaan myös vaikuttaa käyttämällä esimerkiksi porraskäytävissä valaistusratkaisua, jota ohjataan läsnäolotunnistimella sekä valaisimien 1–10 V ohjatulla vakiovaloisuustasoon ominaisuudella. Tällä tarkoitetaan valaisimia, joiden valaistusvoimakkuus voidaan pudottaa 5–20 prosenttiin maksimista silloin, kun käytävää ei käytetä ja läsnäolotiedolla puolestaan valaistus kytketään 100 prosenttiin, kun käytävää käytetään. Tällaiset ratkaisut pidentävät valonlähteiden ja liitäntälaitteiden elinikää sekä lisäävät turvallisuuden tunnetta, kuitenkin käytännössä lisäämättä energiankulutusta kohtuuttomasti.

Keskeinen aihe valonlähteisiin liittyen on myös EU-direktiivien mukaiset ohjaustoimet, joiden vaikutuksena osa lampputyypeistä tulee poistumaan tulevaisuudessa markkinoilta (*1.3.1 EU-direktiivit, Ecodesign*). Pääasialliset perusteet ovat energiatohottomuus ja syntyvä ongelmajäte. Hehkulamput on jo poistettu markkinoilta ja seuraavaksi poistuvat mm. elohopealamput ja niitä korvaavat suurpainenlamput (2015) sekä 12 V ja xenontäytteiset halogeenilamput (2016). [110]

Tiettyjen valonlähteiden markkinoilta poistumisen takia, edellä vertaillaan nykyisin yleisesti asuinrakennuksissa käytettävien valonlähteiden, kuten LEDien ja loistelamppujen ominaisuuksia.

3.4.7.5 LED (Light Emitting Diode)

Valaistuksessa LEDiä käytetään valonlähteenä joko valaisimeen integroituna LED-moduulina tai irrotettavana LED-lamppuna (tuote, jota voidaan käyttää olemassa olevien valonlähteiden tilalla). LEDien käyttökohteita asuinrakennuksissa ovat tavallisesti yleis- ja kohdevalaistukset sekä ulkotilat.

LED-valonlähteet kannattaa suunnitteluvaiheessa ottaa realistiseen vertailuun muiden valonlähteiden kanssa, jossa tulee kiinnittää huomioita mm. seuraaviin keskeisiin tekijöihin: [112]

- Edut [109, 110, 112]
 - fyysiseltä kooltaan pieni, mekaanisesti kestävä ja hyvä värinän kestävyys
 - ei tuota lämpösäteilyä
 - korkea hyötysuhde (hyvä valotehokkuus)
 - pitkä käyttöikä (sytytyskertojen määrä ei vaikuta käyttöikään)
 - värintoisto ja värikylläisyys (vaihtelevat eri malleilla)
 - hyvä valon tuotto, toimii parhaiten kylmässä ympäristössä
 - eliniän ylittyessä himmenee tasaisesti (ei sammuu täysin)
 - monipuolinen säädettävyyden ja ohjaus
 - syttyy heti haluttuun tasoon
 - tehokkain ja edullisin tapa tuottaa värillistä valoa
 - ympäristöystävällinen, ei sisällä ongelmia jätettä
- Huomioon otettava tekijät [109, 110, 112]
 - ei kestä korkeita lämpötiloja (käyttöikä ja valontuotto ”romahtavat”)
 - kustannustehokkuus (hankintahinta korkea, käyttökustannukset pienet)
 - laitteiden yhteensopivuus (valaistusjärjestelmässä)
 - valovirta alenee valonlähteen ikääntyessä (hyötypolttoikä)
 - ohjataan yleisesti vakiovirralla (tasajännite)
 - elektroniikka, helposti vioittuva (käyttökohde ja -ympäristö)
 - himmennettävyyden (värilämpötila ei muutu kuten hehkulamput, ellei valonlähteessä tai lampussa ole värilämpötilan säätö ominaisuutta)

Energiatohokkuuteen liittyen LEDit ovat nykyisin valonlähteenä hyvä vaihtoehto, mikä perustuu niiden erinomaiseen valontuottoon ja valotehokkuuteen sekä pitkään käyttöikään. Mutta niiden käytössä on myös havaittu puutteita, kuten esimerkiksi elektroniikka piirien hajoamisista, joten valonlähteiden vertailua kannattaa silti tehdä.

Elohopealampun korvaaja?

Ulkovalaistusta koskien, Frankfurtin Light + Building-messuilla julkistettiin 1.4.2014 uusi LED-lamppu, jonka voi asentaa suoraan elohopealampun tilalle vanhaan valaisimeen. Tämä tuo ratkaisun tilanteeseen, jossa elohopealamput poistuvat markkinoilta vuonna 2015. Valonlähde on ulkomuodoltaan ja toiminnaltaan täysin perinteisen elohopealampun kaltainen ja se tarjoaa seuraavanlaisen lupaavan oloisen suorituskyvyn: [113]

- Valotehokkuus: mallista riippuen 159–171 lm/W
- Energiansäästö: 68 prosenttia
- Teho: 5–70 W
- Ra-indeksi: 96
- Värilämpötila: raikas valkoinen, vapaasti valittavissa 2700–5500 K
- Elinikä: 100 000 h
- Sytytyskertojen määrä: 100 000
- Himmennettävä
- Kanta E27 ja E40

3.4.7.6 Loistelamput (yksikantaiset ja kaksikantaiset)

Loistelampuista yksikantaiset ja kaksikantaiset ovat yleisimpiä asuinrakennuksissa käytettäviä valonlähteitä. Yksikantaisiin loistelamppuihin (pienloisteputket) kuuluvat mm. kierrekantaiset lamput, joissa on sisäinen virranrajoitin (liitántälaite itse lampussa). Tällaisia lamppeja kutsutaan yleisesti energiansäästölampeiksi (tulee olla vähintään A-energialuokka). Energiansäästölamput ovat hyvin yleisiä mm. kodin yleisvalaistuksessa.

Suunnittelussa tulee huomioida mm. seuraavia loistelamppuihin liittyviä yleisiä ominaisuuksia ja tekijöitä: [110]

- Edut [109, 110]
 - tyypillisesti pitkäikäyttöikä
 - valontuotto pysyy lähes vakiona käyttöiän ajan
 - hyvä hyötysuhde (valotehokkuus)
 - monipuoliset ohjaus- ja säätöominaisuudet (1–10 V, painikkeet, KNX, DALI jne.)
- Huomioon otettavat tekijät [109, 110]
 - hidas syttyminen (energiansäästölamput)
 - soveltuu huonosti kylmään
 - ympäristötekijät, sisältää ongelmajätettä
 - valotehokkuus heikkenee, kun Ra-indeksiä parannetaan
 - kustannustehokkuus (edullinen hankintahinta, kohtuulliset käyttökustannukset)
 - elektroniikan vioittuminen (käyttökohde ja -ympäristö)

Kaksikantaiset loistelamput (vakioloisteputket) voidaan jaotella hieman uudempiin T5-lamppuihin (16 mm) ja vanhempiin T8-lamppuihin (26 mm) sekä pienikokoisiin T2-lamppuihin (7 mm). Loisteputkilamppeja käytetään tavanomaisesti esimerkiksi asuinrakennusten työpistevalaistuksessa tai ns. työtilan valaistuksessa (kodinhuoltohuoneet ja vastaavat). [110]

Ominaisuuksiltaan ja hyödyiltään T5-lamppua voidaan vertailla T8-lamppuun seuraavilla kriteereillä: [109]

- vain elektroninen liitántälaite
- energiatehokkuus (parempi valotehokkuus)
- pidempi käyttöikä (tyypillisesti 15 000 h → T8-lampulla n. 8000–12 000 h)
- ympäristöystävällisempi (vähemmän materiaalia ja elohopeaa)
- fyysisesti pienemmät valaisimet
- mahdollistaa paremman valaisinoptiikan (parempi valaisimen hyötysuhde)
- moduulimittainen (esim. keittiön kaapistot → 600, 900, 1200, 1500)

3.4.8 Elinkaarikustannukset

Valaistusratkaisun suurimmat yksittäiset elinkaarikustannukset ovat tyypillisesti muodostuneet käytönaikaisesta energiankulutuksesta, johon vaikuttavat valaisimen, valonlähteen ja liitäntälaitteen ominaisuudet sekä ohjaustavat. Investointikustannukset ovat tyypillisesti olleet pienin kustannuserä valaistusratkaisuissa. Valaistusratkaisun elinkaarikustannukset ovat tyypillisesti jakautuneet seuraavasti: [114]

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| - Investointikustannukset | n. 10–40 prosenttia |
| - Käytönaikaiset kustannukset | n. 60–90 prosenttia |
| - Energiankäyttö | n. 50–80 prosenttia |
| - Kunnossapito | n. 10 prosenttia |
| - Lamput | n. 3 prosenttia |

Nykyisin tulee kuitenkin huomioida kehittyneempi tekniikka, kuten LED-valaisimet ja valaistuksen säätö- ja ohjauslaitteet, jotka nostavat investointikustannukset helposti aiempaa tasoa korkeammaksi ja samassa suhteessa käytönaikaiset kustannukset, hyvinkin minimaalisiksi verrattuna vanhempaan tekniikkaan.

Valaistusratkaisun elinkaarenaikaisiin muuttuviin kustannuksiin voidaan suunnittelu- vaiheessa vaikuttaa kiinnittämällä huomiota valaisimien hyötysuhteisiin ja valonlähteiden valotehokkuuteen sekä järjestelmän ohjaustapoihin, eli tarpeenmukaiseen käyttöön. [100]

3.4.9 Tarpeenmukainen käyttö

Valaistusratkaisun tarpeenmukainen käyttö on yksi merkittävimmistä valaistuksen energiatehokkuuteen liittyvistä tekijöistä. Valaistusratkaisun tarpeenmukaisessa käytössä korostuu valaistuksen laatutekijöiden ja energiatehokkuuden yhdistäminen. Keskeisessä asemassa ovat valaistuksen ohjaukset ja säädöt automaattisesti tai manuaalisesti niin, että valon tarpeet katetaan laadukkaasti tilan käyttötarkoituksen mukaisesti.

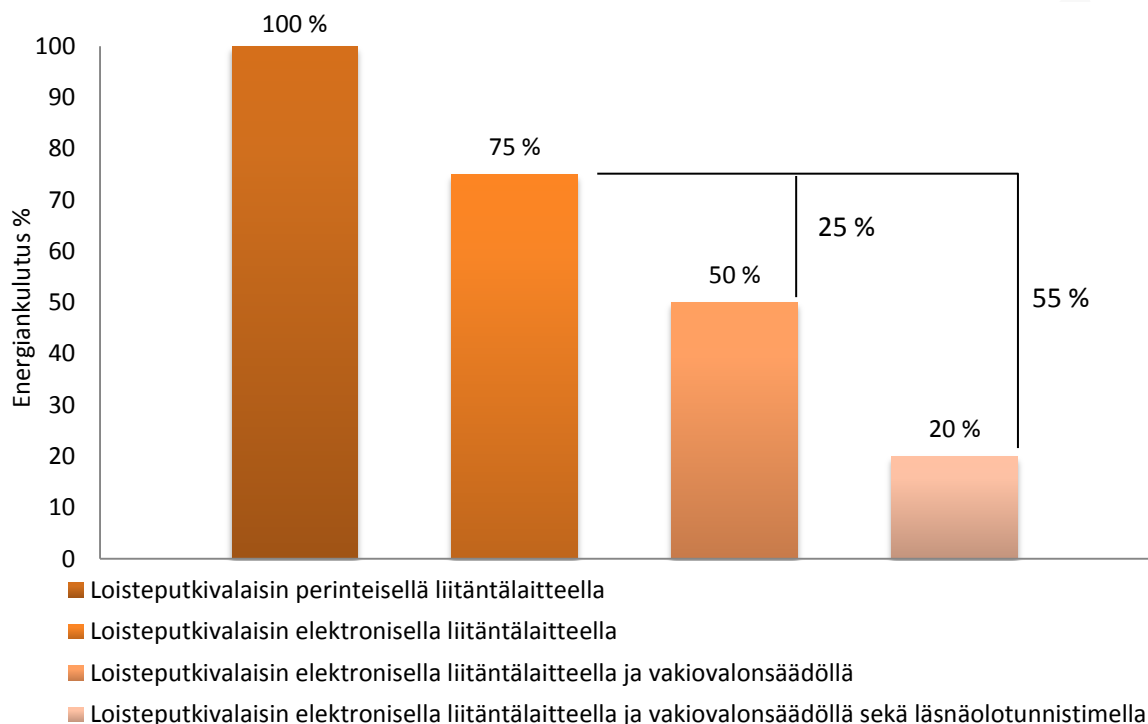
Automaation tehokkuusluokkien mukaan, valaistusratkaisun automatisointi tulisi toteuttaa vähintään suositustason mukaisesti (tehokkuusluokka B), jotta saavutettaisiin todellisia energiatehokkuutta parantavia ratkaisuita. Tehokkuusluokan C ohjaus- ja säätöratkaisuilla ei ole todellista vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen, joten sitä voidaan käyttää vertailu lähtökohtana. Valaistusratkaisun tarpeenmukainen käyttö suositustason mukaisilla ohjauksilla, voidaan toteuttaa asuinrakennuksissa seuraavasti: [51]

- Läsnaolotietoon perustuva ohjaus
 - Manuaalinen päällä/pois-kytkin, C
 - Automaattinen tunnistin, B
- Päivänvaloa hyödyntävä ohjaus
 - Ei automaattista säätöä, B ja C
 - Automaattinen säätö (ei välttämätön suositustasolla)

Kuviossa 13 on kuvattu edellä mainittujen ohjaustapojen mukaisten valaistusratkaisujen vaikutusta energiankulutukseen. Valaistusratkaisu, joka on toteutettu automaattisella läsnäolotunnistuksella ja päivänvaloa hyödyntävällä vakiovalosäädöllä, on 55 prosenttia energiatehokkaampi kuin perinteinen manuaalinen valaistuksen ohjaustapa (elektroni-

sella liitäntälaitteella varustetut loisteputkivalaisimet). Pelkällä läsnäolotunnistimella toteutettu valaistusratkaisu on puolestaan 25 prosenttia energiatehokkaampi ratkaisu. [115]

Asuinrakennuksiin liittyen voidaan tarkastella erilaisia valaisimia ja ohjausratkaisuita sekä niiden energiankäytön kustannusvertailuja, mutta käytännössä energiatehokkaiden ratkaisuiden todelliset vaikutukset voidaan nähdä vasta rakennuksen käyttötottumuksia seuraamalla. Lähtökohtaisesti voidaan kuitenkin todeta, että valaistuksen tarpeenmukaistettu käyttö pienentää energiankulutusta huomattavasti (kuvio 13) eli ohjausratkaisut ovat merkittävässä roolissa valaistuksen energiankäytön tehostamisessa.



Kuvio 13. Ohjaustapojen vaikutus valaistusratkaisun energiatehokkuuteen [115]

Jotta voidaan tarkastella ja vertailla eri ohjaustapojen vaikutusta asuinrakennusten energiatehokkuuteen, jaetaan valaistusratkaisut tässä oppaassa tavanomaisiin ja edistykseellisiin ratkaisuihin. Tavanomainen taso kuvaa tämän hetkisiä tyypillisiä ratkaisuja ja edistykseellinen taso kuvaa tasoa, jolla voidaan saavuttaa parempi energiatehokkuus tai muita rakennuksen käyttöä edistäviä ominaisuuksia. Energiatehokkuuden lisäksi, oikealla valaistuksen ohjauksella voidaan myös parantaa näköolosuhteita tai lisätä turvallisuuden tunnetta ja käyttömukavuutta.

Valaistusratkaisun tarpeenmukaisessa käytössä voidaan ohjauksia toteuttaa valon tarpeen ja käyttötarkoituksen mukaan seuraavasti:

- Käsiohjaukset
 - päälle/pois (kytkimet, painikkeet)
 - valonsäätö (vaihesäätö, 1–10 V, suora painikeohjaus)
 - tilanneohjaus (esim. tunnelma, normaali, ruokailu jne.)
- Automaattiset ohjaukset
 - läsnäolo (PIR, tutka, ääni jne.)
 - valoisuustaso (päivänvalo-ohjaus/vakiovalonsäätö)
 - kellonaika

- Täysimääräinen valaistuksen ohjaus
 - rakennusautomaatiojärjestelmät (esim. KNX)
 - valaistuksenohjausjärjestelmät (esim. DALI)

Asuinkerrostalojen yleisten tilojen valaistusratkaisut on toteutettu käyttötarkoituksesta riippuen hyvin tyypillisesti suositustason mukaisilla automaattisilla läsnäoloon perustuvilla ohjauksilla. Esimerkiksi porraskäytävät ja muut käytävät, varastot ja kellarit, apu- ja huoltotilat sekä ulkotilat on kohtalaisen kattavasti toteutettu tarpeenmukaisen käytön edellyttämällä tavoilla. Asuinhuoneistojen valaistusratkaisut ovat puolestaan tavanomaisesti toteutettu manuaalisilla ohjauskytkimillä sekä joissakin tapauksissa himmentimillä. Pientaloissa valaistusratkaisujen ohjaustavat puolestaan vaihtelevat suuresti, tavanomaisesti toteutuksesta erittäin edistykselliseen toteutustapaan. Valaistusratkaisut voidaan toteuttaa hyvinkin mielivaltaisesti käyttäjän toiveiden ja tarpeiden mukaan sekä energiatehokkuusnäkökulmat huomioiden. Esimerkiksi automaattista ohjausta läsnäolon perusteella käytetään nykyisin tyypillisesti mm. WC-tiloissa, tuulikaapissa ja vaatehuoneissa.

Ulkotiloissa päivänvaloa hyödynnetään lähtökohtaisesti aina valoisuustasoa mittaamalla ja rakennuksen muissa yleisissä sisätiloissa valaistusta ohjataan tapauskohtaisesti valoisuustasojen mukaan. Tyypillisesti asuinrakennusten valaistuksen ohjaus valoisuustason mukaan on toteutettu automaattisella päälle/pois ohjauksella, jossa valaistusvoimakkuutta ei kuitenkaan säädetä valoisuustason mukaan. Tämä kattaa automaation tehokkuusluokan mukaisen B tason, joka edistää rakennuksen energiatehokkuutta.

Päivänvaloa hyödyntämällä voidaan vakiovalonsäädöllä saavuttaa merkittäviäkin energiansäästöjä, verrattuna päälle/pois ohjaukseen läsnäolon ja valoisuustason perusteella. Esimerkiksi asuinkerrostalojen ikkunalliset porraskäytävät ovat hyvä esimerkki tilasta, jossa sitä voitaisiin yhdistää vakiovalonsäätö ja automaattinen läsnäolo-ohjaus. Tällöin valaistusta ja valaistusvoimakkuutta säädetään tarpeen mukaan, jolloin valaistuksen tarpeeton energiankäyttö minimoidaan hallitusti. Päivänvaloa hyödyntävää valaistuksen vakiovalonsäätöä ei juurikaan käytetä tavanomaisella tasolla asuinrakennusten sisätiloissa (luokat 1 ja 2).

Asuinrakennusten tavanomaisia ratkaisuita voidaan vertailla mahdollisiin edistyksellisiin ratkaisuihin seuraavin esimerkki perustein:

- Käsiohjaukset
- Automaattiset ohjaukset
 - ulkotilat
 - porraskäytävät ja muut käytävät
 - apu- ja huoltotilat
 - autohallit
- Täysimääräiset valaistuksen ohjaukset

3.4.9.1 Käsiohjaukset

Asuinrakennuksissa huoneistojen valaistusratkaisut on tavanomaisella tasolla toteutettu päälle/pois kytkimillä, jolloin valaistusta ohjataan tilojen tai valopisteiden mukaisesti. Tällä voidaan tarkoittaa myös tavanomaisesti toteutettua tilanneohjausta, jossa esimerkiksi keittiön valaistusta ohjataan käyttötarkoituksen mukaisesti päälle/pois kytkimillä (esim. ruokailu/ruuanvalmistus). Valaistuksen tarpeenmukainen käyttö manuaalisesti, ei lähtökohtaisesti paranna asuinrakennusten energiatehokkuutta. Energiatehokkuuden

kannalta käsiohjauksissa korostuu valonsäätö ominaisuudet sekä monipuoliset tilanneohjaukset, jotka voidaan katsoa edistyksellisiin ratkaisuihin.

Tapauskohtaisesti asuinrakennuksissa käytetään tyypillisesti valonsäätöä (ns. himmennin), mikä on käyttötarkoitukseltaan perustunut tunnelmavalauksen luomiseen. Nykyisissä asuinkerrostalojen valaistusratkaisuissa käytetään kuitenkin verrattain vähän valonsäätimiä. Energiatohokkuuden kannalta suunnittelussa voitaisiin miettiä niiden tarpeenmukaisuutta tietyissä tiloissa, kuten olohuoneissa ja makuuhuoneissa. Valonsäädöllä voidaan kuitenkin vaikuttaa olennaisesti myös energiankäyttöön, jossa merkittävin rooli on itse käyttäjällä. Tunnelman luomisen lisäksi, valonsäätö mahdollisuus antaa käytännössä mahdollisuuden oman energiankäytön hallintaan. Edistyksellisissä asuinrakennuksissa, jotka on varustettu myös energiankäytön seuranta mahdollisuudella (esim. energianäytöt), voi valonsäätö mahdollisuus vaikuttaa merkittävästikin kuluttajien käyttötottumuksiin.

Edistyksellisen valaistusratkaisun tilanneohjaukset, perustuu monipuolisiin ohjaus ja säätö ominaisuuksiin, missä voidaan ohjelmoida tietynlaisia valmiiksi asetettuja tilanteita painikkeille. Tilanneohjauksilla voidaan mm. säätää valoisuustasoa, ohjata yksittäisiä tai useita valaisimia ja valaistusryhmiä sekä integroida valauksen ohjaus muiden järjestelmien toimintoihin. Edistykselliset valauksen tilanneohjaukset vaativat automaatiojärjestelmän tai valauksenohjausjärjestelmän.

Tilanneohjauksissa voidaan esimerkiksi käyttää 4-painikkeista painikeohjausta, johon ohjelmoidaan valmiit tilanteet, kuten tunnelma/normaali/TV:n katselu/energiansäästö. Kyseisille tilanteille voidaan ohjelmoida täysin toisistaan riippumattomat parametrit, kuten valoisuustasot sekä ohjattavat valaisimet. Esimerkiksi ”tunnelma” tilanteessa kytkeytyy tietyt valaisimet ennalta määritetylle valoisuustasolle (0–100 prosenttia) ja ”normaali” tilanteessa puolestaan valaistustarpeet katetaan laajemmin maksimi valoisuustasolla. Energiansäästö tilanne voisi puolestaan toimia kuten normaalitilanne, mutta valoisuustasot laskisivat 50 prosenttia.

Valaistusratkaisujen tilanneohjauksiin voidaan myös integroida muita järjestelmiä, kuten sälekaihtimien ohjauksia (aurinkosuojausratkaisut). Esimerkiksi ”TV:n katselu” tilanteessa ohjataan tietyt valaisimet ennalta määritetylle valoisuustasolle sekä sälekaihtimet ohjataan kiinni asentoon. Tilanneohjauksilla voidaan toteuttaa monipuolisia käyttömukavuuteen ja ennen kaikkea energiatohokkuutta parantavia valauksen ohjauksia.

3.4.9.2 Automaattiset ohjaukset ulkotiloissa

Asuinrakennuksien ulkotilojen valaistusratkaisut ovat tavanomaisesti toteutettu valoisuustason, kellonajan sekä läsnäolon perusteella. Tällöin tulee varmistaa, että valoisuustasot ja kellonajat on asetettu tarpeenmukaisiksi sekä läsnäolotunnistimet on sijoitettu niin, ettei valaistus kytkeydy tarpeettomasti päälle. Esimerkiksi roskakatoksen tai vastaavan ulkotilan läsnäolo-ohjaus, tulee suunnitella siten, ettei valaistus kytkeydy tarpeettomasti päälle satunnaisten ohikulkijoiden toimesta.

Rakennustyyppistä riippuen tulee lisäksi varmistaa, ettei valaistus ole tarpeettomasti päällä koko yö aikaa. Tämä voidaan toteuttaa aika-asettelulla esimerkiksi siten, että valaistus kytkeytyy yöllä 01:00–06:00 väliseksi ajaksi pois päältä. Tällaiset ohjausratkaisut ovat tyypillisiä pientaloissa, ei niinkään kerrostaloissa.

Tavanomainen taso on ulkotiloissa riittävä valaistuksen tarpeenmukaisen ja energiatehokkaan käytön varmistamiseksi (kattaa tehokkuusluokan B). Ulkovalaistuksen energiatehokkuuden määräytymisessä ratkaisee nykyisellä tasolla merkittävimmin valaisimien ja valonlähteiden energiatehokkaat valinnat.

3.4.9.3 Automaattiset ohjaukset käytävissä

Tällä hetkellä asuinrakennusten valaistusratkaisu porraskäytävissä ja muissa käytävissä on toteutettu tavanomaisesti automaattisella ohjauksella läsnäolon ja valoisuustason perusteella. Tyypillisiä ratkaisuita ovat erilliset tai valaisimiin integroidut tunnistimet, joilla ohjataan tiettyä aluetta tai valaistusryhmää. Joissakin tapauksissa esiintyy myös äänitunnistimilla toteutettuja porraskäytävien valaistuksen ohjauksia. Äänitunnistimilla toteutetun valaistusratkaisujen huonopuoli on se, että sillä ohjataan koko porraskäytävän valaistus päälle samanaikaisesti, mikä ei palvele tarpeenmukaista ja tehokasta energiankäyttöä.

Ikkunallisissa porraskäytävissä tai muissa käytävissä, tulisi valaistusratkaisun ohjaus lähtökohtaisesti toteuttaa kerroskohtaisilla läsnäolotunnistimilla ja valoisuustason mukaan. Tällöin ohjaus on toteutettu tarpeenmukaisesti, valon tarpeet ja käyttötarkoitus huomioiden, jolloin myös huomioidaan valaistuksen tarpeeton käyttö siellä missä sitä ei tarvita. Edistyksellisessä ratkaisussa, ikkunallisen tilan valaistusta voidaan ohjata automaattisen läsnäolon lisäksi vakiovalosäädöllä, joka säätää tilan valaistusvoimakkuutta portaattomasti päivänvalon määrän mukaan. Tällä minimoidaan tarpeeton energiankäyttö.

Ikkunattomissa porraskäytävissä tai muissa käytävissä, joissa päivänvaloa ei voida hyödyntää, voidaan kerroskohtaisen läsnäolo-ohjauksen lisäksi käyttää vakiovaloisuustasolla varustettuja valaisimia (1–10 V ohjaus). Tällä tarkoitetaan valaistusratkaisua, jossa tilaa valaistetaan jatkuvasti 5–10 prosenttia maksimitasosta (100 prosenttia), vuorokaudenajasta riippumatta. Valaistusta ohjataan läsnäolon perusteella kerroskohtaisesti niin, että vain kyseisen valaistusryhmän valaistustaso nousee 100 prosenttiin. Kyseinen valaistusratkaisu tuo mukavuutta ja ennen kaikkea turvallisuuden tunnetta ikkunattomiin porraskäytäviin ja samalla se minimoi energiankulutuksen.

3.4.9.4 Automaattiset ohjaukset apu- ja huoltotiloissa

Tällä hetkellä apu- ja huoltotilojen valaistusratkaisujen ohjaukset on asuinkerrostaloissa toteutettu tavanomaisesti läsnäolon perusteella joko kytkimillä tai läsnäolotunnistimilla. Kytkimien päälle/pois-ohjauksen huono puoli on se, että valaistus voi jäädä päälle tilojen käytön jälkeen, mikä aiheuttaa tarpeetonta energiankulutusta.

Lähtökohtaisesti edistysellinen valaistusratkaisu kyseisissä tiloissa tulisi toteuttaa automaattisella läsnäolo-ohjauksella, joilla varmistetaan tarpeeton energiankäyttö.

3.4.9.5 Automaattiset ohjaukset autohalleissa

Tällä hetkellä autohallien valaistusratkaisujen ohjaukset on toteutettu lähtökohtaisesti automaattisilla ohjauksilla läsnäolon perusteella sekä tapauskohtaisesti valoisuustason perusteella. Tyypillisessä ratkaisussa autohallin valaistus kytkeytyy päälle kokonaisuudessaan silloin, kun autohalliin saavutaan.

Edistyksellisessä valaistusratkaisussa voidaan käyttää automaattisen läsnäolo-ohjauksen lisäksi valaisimia, jotka on varustettu vakiovaloisuustasolla (esim. 5–20/100 prosenttia).

Tällainen valaistusratkaisu voitaisiin toteuttaa esimerkiksi niin, että ajoväylän valaistusr ryhmä toimii omalla läsnäolo-ohjauksella ja parkkiruutukohtaiset valaistukset omina ryhminään. Autohallin ajoväylän valaisimista osa on päällä jatkuvasti 5–10 prosenttia maksimista ja autohalliin saavuttaessa ajoväylän koko valaistus syttyy 100 prosenttiin. Ajoväylän valaistus toimii ns. yleisvalaistuksena autohalliin saavuttaessa ja parkkiruutujen valaistukset kytkeytyvät päälle läsnäolon perusteella ruutukohtaisesti. Käytännössä autohallin valaistus on päällä 100 prosenttisesti vain siellä missä käyttäjä liikkuu (ajoväylä, parkkiruutu ja käytävät).

Tällaisessa ratkaisussa voidaan käyttää erillisiä tunnistimia ja valaisimia, jotka ryhmitellään tarpeenmukaisesti. Toinen vaihtoehto on käyttää ns. orja-valaisimia ja valaisimia, johon on integroitu läsnäolotunnistin ja vakiovaloistuustasot. Kuten porraskäytävien valaistusratkaisuissa, voidaan kyseisellä ratkaisulla lisätä autohallien mukavuuden ja turvallisuuden tunnetta sekä energiatehokkuutta.

Mikäli autohallissa on päivänvaloa hyödynnettävissä, voidaan valaistusratkaisu toteuttaa myös valoisuustasojen mukaan, jolloin valaistusvoimakkuutta säädetään valon tarpeen mukaan sekä läsnäolo-ohjauksella varmistetaan valaistuksen tarpeeton käyttö.

3.4.9.6 Valaistuksen täysimääräinen ohjaus

Valaistuksen täysimääräinen ohjaus voidaan toteuttaa liittämällä valaistusratkaisu osaksi rakennuksen automaatiojärjestelmää tai käyttämällä erillistä valaistuksenohjausjärjestelmää. Mikäli käytetään erillistä valaistuksenohjausjärjestelmää, tulee se kuitenkin liittää osaksi rakennuksen automaatiojärjestelmää, jolloin rakennuksen automaatiota voidaan hallinnoida yhdenmukaisesti.

Valaistuksen täysimääräinen ohjaus, mahdollistaa monipuoliset valaistuksen tarpeenmukaisen käytön edellyttämät säädöt ja ohjaukset, sekä integroimisen muiden järjestelmien kanssa. Se mahdollistaa esimerkiksi aiemmin esitetyt edistyneet tilanneohjaukset sekä valaistuksen ja aurinkosuojausten integroimisen. Valaistuksen ja aurinkosuojausten yhdessä tuomia energiansäästöpotentiaaleja käsitellään tarkemmin luvussa 3.6 (*Aurinkosuojausten hyödyt*). Valaistusratkaisun liittäminen osaksi rakennuksen automaatiota mahdollistaa myös energiankulutuksen seurannan.

Valaistuksen energiankulutusta ei tarvitse määräyksien mukaan mitata luokkien 1 ja 2 mukaisissa rakennuksissa, mutta nykyisin kuitenkin yhä enenevässä määrin pyritään vaikuttamaan käyttäjien kulutustottumuksiin energiankulutusta seuraamalla. Energiatehokkaaseen ratkaisuun pyritäessä tämäkin tekijä on hyvä huomioida. Todellinen rakennuksen energiatehokkuus voidaan kuitenkin todeta vasta mittaamalla käytönaikaista energiankulutusta, jonka avulla siihen voidaan myös reagoida.

Tavanomaisesti valaistusratkaisu voidaan liittää osaksi rakennuksen automaatiojärjestelmää, riippumatta siitä, mikä järjestelmä on kyseessä (*3.1.4 Rakennusautomaatiojärjestelmät*). Tyypillisiä valaistuksenohjausjärjestelmiä ovat puolestaan esimerkiksi:

- DALI–digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä (Digital Addressable Lighting Interface)
- DSI–digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä (Digital Signal Interface)

DALI on digitaalinen väyläteknikkaan perustuva osoitteellinen ja kaksisuuntainen valaistuksenohjausjärjestelmä, jolla voidaan toteuttaa monipuolisia ja yksityiskohtaisia

valaistusratkaisuita. Järjestelmä soveltuu mm. julkisten rakennusten ja yksityisasuntojen valaistussovelluksiin, jossa järjestelmät voivat olla pieniä ja kevyitä tai suuria kokonaisuuksia ja muihin järjestelmiin liitettymiä (esim. KNX). [115]

DALI-järjestelmä muodostuu yksinkertaisimmillaan teholähteestä, ohjainlaitteesta, valaisimen DALI-liitäntälaitteesta sekä kaksijohtimisesta DALI-väylästä. Yhdessä DALI-verkossa voi olla laitteita maksimissaan 64 kappaletta, mutta reitittimien avulla verkkoja voidaan laajentaa tuhansien DALI-laitteiden kokonaisuuksiksi. Yhdellä reitittimellä voidaan liittää kaksi 64 laitetta sisältävää DALI-verkkoa toisiinsa (laitteita 128 kappaletta) ja puolestaan linkittämällä reitittimiä ja niiden DALI-verkkoja toisiinsa, voidaan järjestelmän kokoa kasvattaa jopa 12 800 DALI-laitteeseen. [115]

DALI-järjestelmän ominaisuuksia muihin valaistuksen ohjaustapoihin on vertailtu taulukossa 10, jonka lisäksi sen keskeisimmät ominaisuudet ovat seuraavat: [115, 116]

- Edut
 - yksinkertaiset johdotukset ja ohjelmoinnit
 - pienet järjestelmät eivät vaadi ohjelmointia
 - DALI-väylä ja valaisimen syöttö samassa kaapelissa (esim. MMJ)
 - vikatietojen ja energiankulutuksen seuranta keskitetysti (valaisin-, tila- tai/ja rakennuskohtaisesti)
 - muuntojoustavuus (ei kaapelointi muutoksia)
 - useiden laitevalmistajien yhteensopivuus (valaisimet, kytkimet jne.)
 - digitaalinen valaistuksen sammutus
 - muiden ohjaustapojen ohjaus (1–10 V ja DSI)
 - voidaan liittää osaksi muita taloautomaatiojärjestelmiä (esim. KNX)
 - kustannustehokkuus (jopa perinteisiä ohjausratkaisuita edullisempi toteuttaa)
- Huomioon otettavat tekijät
 - isot järjestelmät vaativat ohjelmoinnin
 - kahden laitteen välisen kaapeloinnin maksimi etäisyys 300 m
 - viallisen laitteen vaihto vaatii yleensä ohjelmoinnin
 - 64 laitetta ilman reititintä
 - lepokulutus

Taulukko 10. DALI ja muita ohjaustapoja [116]

Ominaisuudet	DALI	DSI	Suora painikeohjaus	1-10 V	Vaihesäätö
Osoitteellinen	64 osoitetta	Ei	Ei	Ei	Ei
Ryhmäosoitteita	16 ryhmää	Ei	Ei	Ei	Ei
Logaritminen säätö	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Valmistajasta riippuvainen	Valmistajasta riippuvainen
Ohjausvirtapiirin polariteetti	Vapaa	Vapaa	-	Sidottu	Ei ohjausvirtapiiri
Sammutetaan ohjausvirtapiiristä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei	Ei
Johtimia valaisimeen	5	5	4 tai 5	5	3
Ohjausvirtapiirin pituus	300 m	250 m	jopa yli 300 m	300 m	Ei ohjausvirtapiiri
Monikanavaisuus vaatii keskusyksikön	Ei	Kyllä	Yksinkanavainen	Kyllä	Kyllä

DALI-väylää hyödynnetään useiden valaisinvalmistajien laitteissa ja valaisimissa. Väylää hyödynnetään myös laitevalmistajien omissa ohjausratkaisuissa. Esimerkiksi Philips-laitevalmistajalla on tuotemerkki *Occu Switch (DALI)*, joka ei vaadi ohjelmointia eikä erillistä virtalähdettä ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi vain yhden tilan valaistuksen ohjaukseen (enintään 15 DALI valaisinta). Samaisessa laitteessa on päivänvalo- ja läsnäolotunnistus, jonka tunnistusaluetta voidaan myös laajentaa orjalaitteilla.

3.5 SmartLight–teknologia

Yhdysvalloissa, Cincinnatin yliopistossa on kehitetty ns. *SmartLight*–teknologia, joka mahdollistaa auringonvalon tuomisen alkuperäisessä olomuodossaan rakennuksen kaikkiin tiloihin, myös ikkunattomiin tiloihin. Teknologian tarkoituksena on sisätilojen valaiseminen auringonvaloa hyödyntäen ns. ilmaisenergiana. [117]

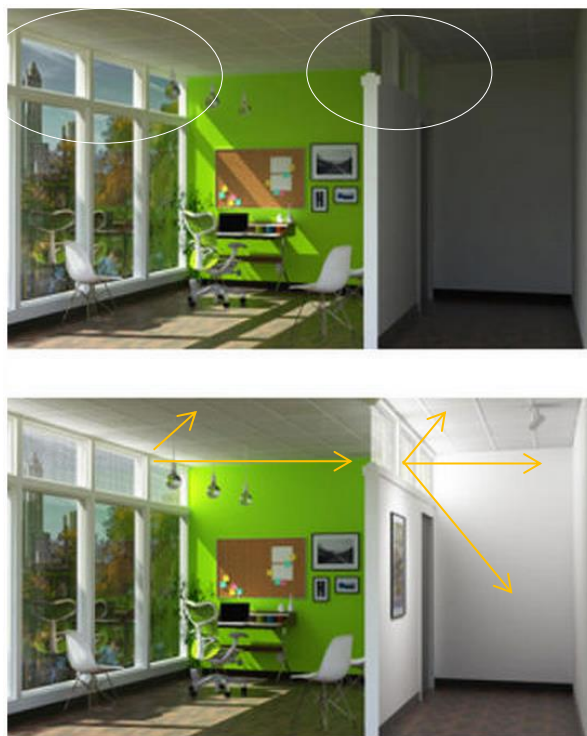
Teknologia mahdollistaa auringonvalon hyödyntämisen sisätilojen valaistuksessa niin, että auringonvaloa ei muuteta sähköksi vaan se säilytetään, kuljetetaan ja käytetään alkuperäisessä olomuodossaan rakennuksen sisätiloissa. Auringonvalon ylijäämäenergia on lisäksi mahdollista kerätä, varastoida ja ohjata muihin järjestelmiin. [117]

SmartLight–teknologia on vasta kehityksen alkuvaiheessa, mutta sillä nähdään olevan saavutettavissa useita hyötyjä ja mahdollisia sovelluskohteita rakentamisessa sekä tietenkin merkittävät energiansäästöpotentiaalit. *Smart Light*–järjestelmä soveltuu useisiin uudis- ja korjausrakentamisen rakennustyyppeihin, isoihin ja pieniin sekä julkisiin ja yksityisiin. [117]

3.5.1 Toimintaperiaate

SmartLight–teknologia perustuu menetelmään, jossa auringonvaloa johdetaan pienien ns. sähköneste-kennojen kautta rakennuksen sisätiloihin ja hyödynnetään esimerkiksi työpisteiden tai tilojen valaistukseen. Pieniä sähköneste-kennoja sisältävä ohut verkko-mainen materiaali, asennetaan ikkunoiden yläosiin (kuva 11), josta valoa voidaan kohdistaa haluttuun kohteeseen. [117]

Sisätiloissa valoa kuljetetaan tilan seinään tai kattoon asennettujen ”ikkunoiden” välityksellä, ns. vapaasti ilmassa lähellä katon rajaa (kuva 11). Sähköneste-kennot toimivat omavaraisesti aurinkoenergialla, joten järjestelmä ei tarvitse omia johdotuksia, kaapelointeja tai putkituksia. [117]



Kuva 11. Työhuoneen ja käytävän valaiseminen *SmartLight*-järjestelmällä. [117]

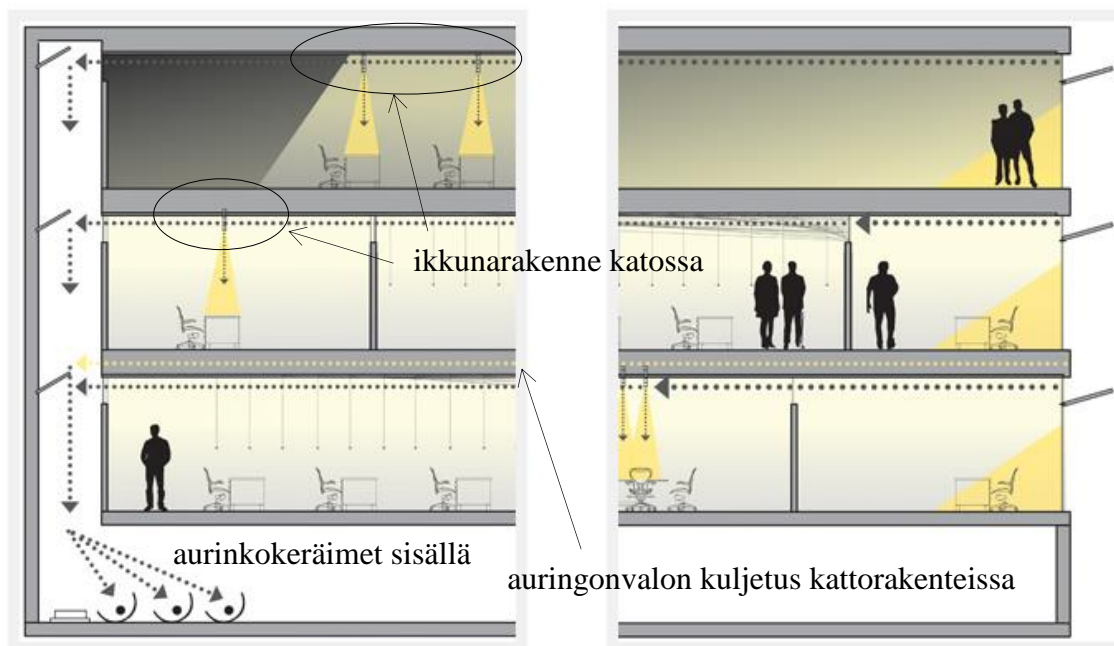
Tutkimuksien mukaan menetelmä on hyötysuhteeltaan tehokkaampi, kuin perinteiset aurinkosähköjärjestelmät, jossa auringonvalo muutetaan ensin sähköenergiaksi ja sitten takaisin valoksi (tilojen valaistukseen). [117]

SmartLight-järjestelmän muutaman millimetrin levyiset kennot sisältävät nestettä, jonka optiset ominaisuudet ovat tutkijoiden mukaan yhtä hyvät tai jopa paremmat kuin lasilla. Lisäksi kennojen läpi kulkevan valon määrä on myös kontrolloitavissa. Kennojen sisältämän nesteen pintajännitystä sähköisesti stimuloimalla, voidaan muodostaa ns. linssejä tai prismoja, mikä mahdollistaa valon kontrolloimisen sekä kohdistamisen. Osa valosta voidaan kohdistaa esimerkiksi kattoon tukemaan yleisvalaistusta, osa suoraan työpisteeseen ja osa voidaan kuljettaa edelleen seuraavaan tilaan. [117]

SmartLight-järjestelmää on tarkoitus kontrolloida langattomasti esimerkiksi älypuhelimella (tai tietokoneella), joka mahdollistaa dynaamisen valon kontrolloinnin. Älypuhelimien avulla käyttäjä voi säätää halutun valoisuustason tilaan tai työpisteeseen. Järjestelmä voisi mahdollisesti hyödyntää myös älypuhelimien paikannussovellusta, mikä mahdollistaisi esimerkiksi valon kohdistamisen tilassa automaattisesti käyttäjän sijainnin mukaan tai valon kytkemisen päälle/pois sen mukaan onko käyttäjä tilassa vai ei. [117]

SmartLight-järjestelmä sisältää perinteisen aurinkosähköjärjestelmän tapaan energiavaraston, josta sähköenergiaa voidaan hyödyntää tilojen normaalivalaistuksessa silloin, kun aurinko ei paista. Aurinkoenergia voidaan talteenottaa kuvan 12 mukaisesti vielä koko valaistusprosessin jälkeenkin. Rakennuksessa auringon ylijäämäenergia ohjataan ja varastoidaan keskitetysti sisällä oleviin aurinkokeräimiin (kuva 12), josta se voidaan edelleen ohjata haluttuun prosessiin, järjestelmään tai peräti viereiseen rakennukseen. Varastoitua aurinkoenergiaa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää myös esimerkiksi rakennuksen lämmitykseen tai jäähdytykseen. [117]

Tekniikasta ei ole tarkempaa kuvausta, kuten esimerkiksi kuvan 12 mukaisesti kattorakenteissa kuljetettavan auringonvalon teknisestä toteutuksesta. Kattorakenteissa kuljetettava auringonvalo lisää todennäköisesti kattorakenteisiin piilotettavan tekniikan määrää. Kuvassa esitetty aurinkoenergian varastointi prosessin loppupäässä, lisää myös omat rakenteelliset haasteensa toteutuksen suhteen.



Kuva 12. *SmartLight*-järjestelmän toimintaperiaate rakennuksessa. [117]

Myös arkkitehtonisesti haasteet kasvavat, mikäli auringonvaloa kuljetetaan ns. vapaasti ilmassa ikkunoihin asennettavien sähköneste-kennojen välityksellä. Lisäksi tilojen pintojen heijastumissuhteiden merkitys korostuu entisestään, jos auringonvaloa kohdistetaan niin, että tarkoituksena on tilan yleisvalaistuksen tukeminen. Kuten alussa mainittiin, teknologia on vielä kehityksen alkupäässä, joten tulevaisuus näyttää mihin suuntaan tämä kehittyi.

3.6 Aurinkosuojaus

Rakennuksien energiankulutuksen pienentämiseksi etsitään jatkuvasti uusia keinoja, johon liittyen myös aurinkosuojauksen merkitys tällaisena keinona tulee huomioida. Hyvin toteutetun aurinkosuojauksen merkitys on keskeisessä osassa sekä ympäristön että yksilön hyvinvointia ja terveyttä. Rakennuksen aurinkosuojaus on tärkeä tekijä myös ilmastomuutoksen vastaisessa taistelussa. [118, 119]

Aurinkosuojaus on passiivinen energiansäätelymenetelmä, jota käyttämällä voidaan pienentää rakennuksen jäähdytysenergian tarpeita. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3, velvoitetaan ensisijaisesti käyttämään tilojen yllämpenemisen estämiseksi passiivisia menetelmiä ennen energiaa kuluttavien järjestelmien rakentamista (2.3.1 *Energiatehokkuuden vaatimukset, Kesäajan huonelämpötilan hallinta*). Aurinkosuojaus perustuu luonnonvalon ja aurinkoenergian hyödyntämiseen ilmaisen energiana niin, että erilaisilla suojausratkaisuilla säädetään ikkunoiden kautta sisätiloihin johtuvan luonnonvalon ja auringonlämmön määrää. [63, 119]

Rakennuksien lisääntyvät sisäiset lämpökuormat, niin lisääntyvän tekniikan kuin energiaa säästävien rakenneratkaisujen (matalaenergia-, nollaenergia- ja passiivitalot) muodossa, lisäävät merkittävästi rakennuksien jäähdytyksen tarvetta. Samalla rakentamisessa suositetaan suuria ikkunapinta-aloja, mikä on toivottavaakin, sillä vuorovaikutus ympäristöön ja luonnonvalon saanti ovat tärkeitä tekijöitä ihmisen terveyden ja tuottavuuden kannalta. Suuret ikkunapinta-alat kuitenkin tuovat samalla omat haasteensa rakennuksen energianhallintaan, sillä ikkunoiden kautta tapahtuvalla kahdensuuntaisella lämmönvaihdolla on suuri merkitys energiatalouteen. [119]

Ikkunapinta-alojen pienentäminen ja luonnonvalon pääsyn rajoittaminen eivät kuitenkaan ole nykyaikainen ratkaisu, se rajoittaa vain rakennus- ja aluesuunnittelua. Viihtyisien ja terveellisten rakennuksien ja sen sisältämien tilojen rakentaminen, luopumatta suurista ikkunapinta-aloista, on mahdollista yhdistämällä hyvän ikkunan ja tehokkaan aurinkosuojausjärjestelmän parhaat ominaisuudet. [119]

Ikkunan sekä aurinkosuojausjärjestelmän ja sitä hallinnoivan automatiikan muodostaman kokonaisuuden sisäistäminen järjestelmäksi, avaa uusia mahdollisuuksia energiatehokkaaseen suunnitteluun. Tehokkaan aurinkosuojausjärjestelmän katsotaankin olevan, passiivisena energiaa kuluttamattomana jäähdytysratkaisuna ja luontaista aurinkoenergiaa hyödyntävänä valaistuksen ja lämmityksen tukiratkaisuna, tärkeä osa kestävästä kehityksestä sekä energiatehokasta rakentamista. [119]

3.6.1 Aurinkosuojausjärjestelmän hyödyt

Hyvin suunnitellulla ja oikein toteutetulla nykyaikaisella aurinkosuojausjärjestelmällä, voidaan saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä rakennuksen jäähdytyksessä ja valaistuksessa sekä samalla parannetaan terveellistä ja viihtyisää asumista. Aurinkosuojausjärjestelmän rakentamisella säästetään tyypillisesti myös muissa rakennuskustannuksissa. [119]

3.6.1.1 Aurinkosuojausjärjestelmä ja jäähdytys

Aurinkosuojausjärjestelmän merkitys korostuu erityisesti koneellisesti jäähdytettävissä rakennuksissa. On tutkittu, että tehokkaalla aurinkosuojausjärjestelmällä voidaan vähentää jopa **89 prosenttia** rakennuksen sisätilojen jäähdytysenergian tarvetta. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi ilmalämpöpumpun avulla saavutettu säästö pientalon lämmityskustannuksissa, ei mene hukkaan käyttämällä laitetta mukavuusjäähdytykseen kesäisin. Rakennuksen jäähdytystarpeen minimoinnilla voidaan saavuttaa mm. seuraavia hyötyjä: [119]

- Tilojen huonelämpötilaa voidaan ylläpitää suunnitteluarvoissa niin, että estetään esimerkiksi kaihtimien ja markiisien avulla liiallisen auringonlämmön pääsy sisätiloihin
- Rakennuksen energiatehokkuuden lisäksi, aurinkosuojaus lisää asumismukavuutta, sillä terveellisessä ja viihtyisässä rakennuksessa huonelämpötila ei nouse yli 23 °C (suunnitteluarvo)
- Säästetään jäähdytysjärjestelmän rakennuskustannuksissa, koska tarvitaan vähemmän jäähdytystehoja
- Säästetään rakennuksen jäähdytyskustannuksissa, jäähdytys tehon tarve pienenee
- Asuinkiinteistöissä jäähdytysjärjestelmää ei usein tarvitse rakentaa ollenkaan

Aurinkosuojaajat parantavat aina ikkunarakenteiden g-arvoa, jolla tarkoitetaan auringonsäteilyn kokonaisläpäisyysuhdetta (kuinka paljon auringonsäteilyä pääsee sisälle). Aurinkosuojan tyypistä riippuen on kiinnitettävä erityishuomiota ikkunan valintaan, jotta järjestelmä toimii kokonaisuutena toivotulla tavalla. [119]

3.6.1.2 Auringonvalo ja valaistus

Luonnonvalon käyttö on suositeltava, terveellinen ja energiaa säästävä tapa valaista tiloja. Ikkunalasituksen korkean g-arvon, ansiosta voidaan luopua arvokkaista pinnoitteista, mikä vaikuttaa ikkunan läpäisevän luonnonvalon määrään, laatuun ja väriin positiivisesti. Tästä syystä aurinkosuojauksella voidaan tehokkaasti hyödyntää luonnonvaloa tilojen valaistuksessa. On tutkittu, että päivänvalon hyödyntäminen valaistuksessa voi vähentää **39–89 prosenttia** rakennuksen valaistusenergian tarvetta. Päivänvaloa hyödyntämällä voidaan saavuttaa mm. seuraavia hyötyjä: [119]

- Tilojen käyttämää luonnonvaloa voidaan ohjata kaihtimien ja markiisien avulla, valon tarve, ajankohta ja auringonliike huomioon ottaen
- Saadaan miellyttävä valaistus viihtymisen, työnteon ja terveyden kannalta
- Luonnonvalon ja keinovalaistuksen ohjauksen yhdistäminen niin, että tilojen valaistuksen tasoa ohjataan tarpeenmukaisesti hyödyntämällä päivänvaloa
- Säästetään tilojen valaistuskustannuksissa
- Valaistukseen liittyviä, luonnonvalolla ja keinovalolla toteutettavia ratkaisuita käsiteltiin yksityiskohtaisemmin luvussa 3.4.9 *Tarpeenmukainen käyttö*

3.6.1.3 Auringonvalo ja lämmitys

Ikkunalasituksen korkean g-arvon ansiosta, voidaan myös auringon lämpösäteilyä hyödyntää edullisella tavalla rakennuksen lämmityksen tukena. On tutkittu, että auringon lämpösäteilyn hyödyntäminen lämmityksessä vähentää **9 prosenttia** rakennuksen lämmitysenergian tarvetta. Auringon lämpösäteilyä hyödyntämällä voidaan saavuttaa mm. seuraavia hyötyjä: [119]

- Auringonsäteily lämmittää sisäilmaa ikkunoiden kautta
- Aurinkosäteilyn lämmittämä ilma voidaan hyödyntää yöllä, pitämällä se sisällä kaihtimien ja markiisien avulla

Tietyillä aurinkosuojatyypeillä voidaan vaikuttaa myös ikkunarakenteen U-arvoon positiivisesti, jonka ansiosta voidaan käyttää monipuolisesti eri lasitus ratkaisuja. Aurinkosuojauksella saavutettavia muita hyötyjä: [119]

- Aurinkosuojaus toimii ikkunoiden tukena lisälämmöneristeenä, käyttämällä kaihtimia ja markiiseja
- Aurinkosuojauksen ansiosta voidaan käyttää suurempia ikkunapinta-aloja
- Aurinkosuojauksen ansiosta voidaan käyttää enemmän aurinkoenergiaa läpäiseviä lasivaihtoehtoja, kuitenkin rakennuksen lämmöneristävyyttä heikentämättä
- Tuo vapautta rakennus- ja aluesuunnitteluun, koska ikkunoiden koko ja rakennuksen sijoittelu on vapaampaa

3.6.2 Aurinkosuojausratkaisut

Rakennusten ikkunoissa käytettävät aurinkosuojat jaetaan ulkopuolisiin ja sisäpuolisiin aurinkosuojausratkaisuihin. Aurinkosuojausratkaisuita voidaan käyttää mekaanisesti tai liittämällä niihin tekniikkaa, joka mahdollistaa sähköisen käytön sekä automatisoinnin. Moottoroituja aurinkosuojauksia voidaan ohjata esimerkiksi seinällä olevalla kytkimellä, kauko-ohjauksella tai liittämällä rakennusautomaatioon. Aurinkosuojauksen automatisointi varmistaa järjestelmästä saatavan hyödyn lisäämällä energiansäästöä 9–32 prosenttia passiiviseen suojaukseen verrattuna. [119, 120]

Ulkopuoliset aurinkosuojausratkaisut ovat tyypiltään sellaisia, että ne varjostavat hyvin tehokkaasti sekä pysäyttävät auringon lämpösäteilyn rakennuksen ulkopuolelle. Näiden ominaisuuksien ansiosta ne ovat suojauksista tehokkaimpia sisätilojen viilentämisessä ja energian säästämisessä. [122]

Ulkopuoliset aurinkosuojat (kuva 13) voidaan jakaa liikkuviin ja kiinteisiin aurinkosuojoihin. Kiinteiden aurinkosuojien käyttöä rajoittaa se, etteivät ne pysty mukautumaan dynaamisiin tekijöihin, kuten vuoden- ja vuorokauden aikaisiin auringon kulman muutoksiin tai tilan valaistuksen voimakkuuteen liittyviin tarpeisiin. Kiinteitä aurinkosuojia ovat vaakasäleiköt sekä korimarkiisit ja liikkuvia aurinkosuojia ovat mm. moottoroidut rulla- ja sälekaihtimet, ikkuna- ja terassimarkiisit sekä rullautuvat julkisivusäleikaihtimet. Tavallisimpia asuinrakennuksissa käytettäviä aurinkosuojausratkaisuja ovat markiisit. [120, 122]

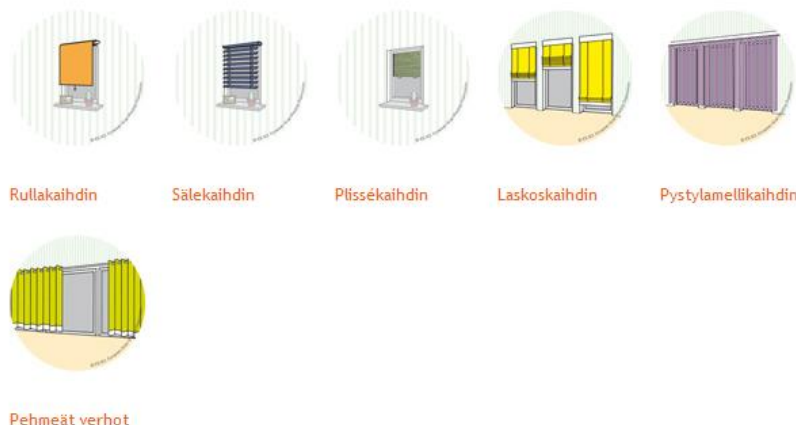
Ulkopuoliset aurinkosuojausratkaisut



Kuva 13. Ulkopuolisia aurinkosuojausratkaisuita [118]

Sisäpuoliset aurinkosuojausratkaisut (kuva 14) ovat parhaimmillaan silloin, kun halutaan vaikuttaa sisävalaistuksen laatuun ja häikäisyn estoon kaikissa sääolosuhteissa. Sisäpuolisilla suojauksilla voidaan saavuttaa myös hyviä lämpötekniisiä hyötyjä, nykyaikaisia teknisiä ratkaisuja käyttäen. Sisäpuolisia aurinkosuojausratkaisuja ovat erilaiset kaihtimet (esimerkiksi säle- ja rullakaihtimet) sekä erilaiset laskos- ja paneeliverhot. [122]

Sisäpuoliset aurinkosuojaratkaisut



Kuva 14. Sisäpuolisia aurinkosuojausratkaisuita [118]

Energiataloudellisin ja käyttäjäystävällisin aurinkosuojausratkaisu saavutetaan yhdistämällä ulko- ja sisäpuolinen aurinkosuojausjärjestelmä, joka optimoidaan käyttäjän tarpeiden mukaan toimivaksi kokonaisuudeksi. Rakennuksen aurinkosuojausjärjestelmien synkronointi keskenään sekä automatisointi ovat keskeisessä asemassa, jotta suojaus toimii optimaalisesti myös silloin, kun rakennusta ei käytetä. [119, 122]

3.6.3 Tarpeenmukainen käyttö

Tehokkain aurinkosuojausratkaisu saadaan, kun aurinkosuojausjärjestelmien muodostama kokonaisuutta hallitaan keskitetysti rakennusautomaation avulla, vallitsevien olosuhteiden sekä käyttäjien tarpeiden mukaisesti. Esimerkiksi Somfy animeo KNX/EIB-tuoteperhe voidaan liittää avoimeen väyläjärjestelmään, joka mahdollistaa rakennuksen kaikkien teknisten järjestelmien yhteensopivuuden ja integroimisen keskenään. Somfy valmistaa ja kehittää moottoreita ja automaattisia säätöjärjestelmiä energiataloudellisen ja terveellisen asumisen edistämiseksi. Ratkaisut kattavat aurinkosuojauksen, luonnon valaistuksen ja -tuuletuksen hallinnan. [119, 121]

Rakennusautomaatiota hyödyntäen, aurinkosuojausratkaisuita voidaan hallita monin eri tavoin ja integroimalla niitä muiden järjestelmien kanssa, mahdollisuudet kasvavat entisestään. Esimerkiksi integroimalla tilojen valaistus ja aurinkosuojaus, voidaan luonnonvaloa ja keinovaloa yhdistämällä mahdollistaa tilojen monipuoliset valaistustarpeet energiatehokkaasti.

Automatisointi myös helpottaa aurinkosuojien käyttöä. Liikkuvia ulkopuolisia aurinkosuojausratkaisuita voidaan hallita esimerkiksi hyödyntäen aurinko- ja tuuliantureita, joiden avulla markiisia ohjataan automaattisesta auringonvalon ja tuulen voimakkuuden mukaan. Aurinkoanturi huolehtii siitä, että auringon paistaessa markiisi kelautuu auki ja tuulianturi huolehtii puolestaan siitä, että markiisi sisään kelautuu, mikäli tuuli yltyy liian voimakkaaksi. [118, 119]

Rakennuksen automaation tehokkuusluokkien mukaan, vähimmäisvaatimuksena (tehokkuusluokka C) aurinkosuojausten tarpeenmukaisille ohjauksille on moottoritoiminen manuaalinen säätö. Rakennuksen energiatehokkuutta parantava ratkaisu saavutetaan suositustason (tehokkuusluokka B) mukaisella moottoritoimisella automaattisäätöisellä aurinkosuojauksella. Korkean energiatehokkuuden omaavassa rakennuksessa (tehok-

kuusluokka A) aurinkosuojausratkaisu on integroitu rakennuksen valaistukseen ja ilmastointiin. [51]

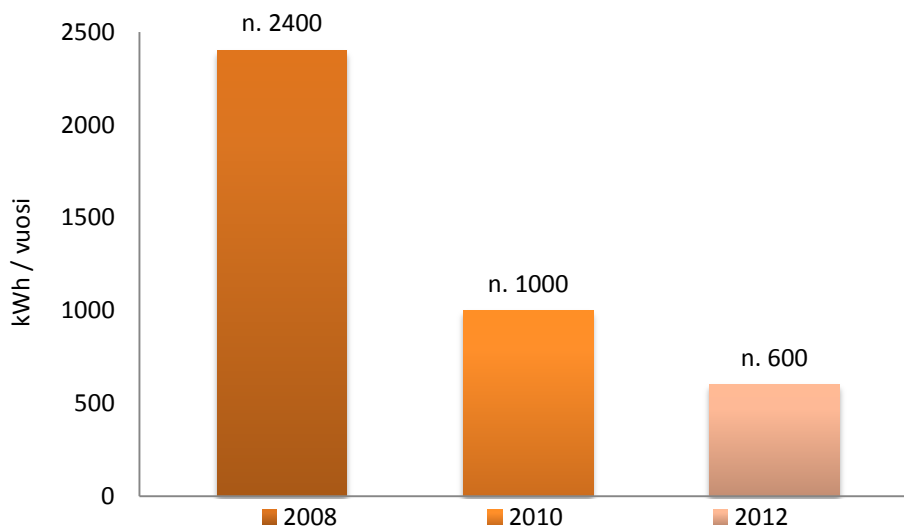
3.7 Hissikäytöt

Hissien käyttämä energia voi olla jopa 2–10 prosenttia rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta. KONEen tekemien analyysien mukaan, hissien elinkaarikustannuksista noin 60 prosenttia muodostuu käytönaikaisesta sähkönkulutuksesta. [123]

Suomen rakentamismääräyksissä ei ole asetettu energiatehokkuus vaatimuksia rakennusten hisseille tai hissijärjestelmille ja niitä ei myöskään huomioida E-luvun laskennassa. Tanskassa puolestaan on rakentamismääräyksissä asetettu mm. hissien energiatehokkuusluokkien minivaatimukset. Tanskassa hissien tulee olla energiatehokkuusluokaltaan vähintään B-luokkaa. [124]

Vaikka Suomessa ei kyseisiä vaatimuksia ole hisseille asetettu, voi se olla yksi mahdollinen lisäys rakentamismääräyksiin tulevaisuudessa. Esimerkiksi KONEen hissit ovat saavuttaneet energiatehokkuudestaan A-luokan riippumattomien, kolmansien osapuolten mittaamissa arvioinneissa. A-energialuokan hissejä on tarjolla vakiona mm. mataliin asuin- ja toimistorakennuksiin. [123]

KONEen volyyymi hissien energiatehokkuus on parantunut vuosina 2008–2012 kaiken kaikkiaan noin 70 prosenttia. Kuviossa 14 on esitetty KONEen hissien energiankulutuksen ja energiatehokkuuden kehitys vuosina 2008–2012, jonka laskenta perusteina on käytetty 1 m/s nopeutta, 630 kg kuormitusta (8 henkilöä), 150 000 käynnistyskertaa vuodessa sekä 9 metrin ja 4 kerroksen nostokorkeutta. [123]



Kuvio 14. KONE-hissien energiatehokkuuden kehitys. [123]

Hissien energiankulutuksen pienentymisen taustalla vaikuttaa energiatehokkaiden ratkaisujen laaja kehittäminen. KONE tarjoaa mm. seuraavia energiatehokkaita ratkaisuita rakennuksien hissikäyttöille: [123]

- Hissit
 - energiatehokas KONE EcoDisc-moottori
 - 50–70 prosenttia energiatehokkaampia kuin perinteiset hissit
- Jarrutusenergian talteenotto
 - energiansäästöä jopa 20–35 prosenttia
- LED-valaistus
 - kuluttaa 80 prosenttia vähemmän energiaa
 - 10 kertaa pidempi elinkaari kuin perinteisillä halogeeneilla
- Valmiustilaratkaisut
 - laitteiden virrankulutuksen pienentäminen silloin, kun hissiä ei käytetä
 - energiansäästöä rakennuksissa, jossa hissien käyttö on vähäisempää tiettyinä aikoina

Uusin hissiratkaisu on 35 prosenttia energiatehokkaampi kuin KONEen aiempi energiatehokkuudeltaan alan paras hissiratkaisu. Tästä 15 prosenttia muodostuu käytönaikaisen energiankulutuksen ja 20 prosenttia valmiustilan energiankulutuksen pienentämisestä. [123]

Hississä käytettävän EcoDisc-moottorin uusi käämitysteknologia mahdollistaa aiempaa suuremman hyötysuhteen mm. pienempien lämpöhäviöiden takia, johon vaikuttavat moottorin pienempi tilavuus ja pienempi kuparimäärä. Hissin energiatehokkuutta parantaa myös aiempaa paremmat materiaalit, kuten kevyemmät hissimekaniikkakomponentit ja kevyempi kori. [124]

Muita hissikäyttöihin liittyviä ratkaisuita asuinrakennuksille ovat mm. integroitu rakennuksen ovien ja hissien kulunvalvonta. Järjestelmän toimintaperiaate on se, että käyttäjä tunnistetaan rakennuksen ulko-oven avauksen yhteydessä yksilöllisesti ohjelmoidulla avaimella ja lukijalaitteella. Asuinrakennuksen ulko-oven avautumisen yhteydessä, rappukäytävään syttyy valaistus automaattisesti sekä hissi saapuu automaattisesti sisääntulo-okerrokseen ja ovet avautuvat valmiiksi. Asukkaan astuessa hissiin, hissi kuljettaa asukkaan automaattisesti kotikerrokseen ilman kerrosvalintaa. Asukkaan poistuessa rakennuksesta, kulunvalvonnan liiketunnistin avaa ulko-oven automaattisesti. [126]

Hissikäyttöihin liittyen on siis energiatehokkaita ratkaisuita sekä muita käyttömukavuutta ja turvallisuuden tunnetta lisääviä ratkaisuita. Hissien energiatehokkaita ratkaisuita, olisi hyvä miettiä ainakin sellaisten asuinrakennusten osalta, jossa hissien käyttö on päivittäistä sekä runsasta. Tällaisia asuinrakennuksia voivat olla esimerkiksi monikerroksiset kerrostalot tai palvelutalot, jossa hissien käyttö voi olla myös edellytyksenä asukkaiden arkipäiväiselle liikkumiselle.

3.7.1 Jarrutusenergian hyödyntäminen ilmaisenergiana

Ilmaisenergioiden hyödyntäminen on tärkeä osa nykyistä matalaenergiarakentamista ja tulevaa lähes nollaenergiarakentamista. Tästä syystä tulisi tarkastella myös asuinrakennusten hissikäyttöjen hyödyntämistä ilmaisenergiana.

Esimerkiksi KONE on kehittänyt hissien jarrutusenergian talteenottojärjestelmän, joka talteenottaa hissien jarrutusenergian ja muuttaa sen sähköksi, joka voidaan edelleen hyödyntää muualla rakennuksessa. Sähköenergiaa voidaan ohjata esimerkiksi sähköverkkoon tai johonkin toiseen talotekniseen järjestelmään. [125]

Perinteisissä hissikäytöissä jarrutuksen synnyttämä energia muuttuu moottorissa lämpöenergiaksi, joka on käytännössä hukkaenergiaa ja lisäksi se on johdettava ulos rakennuksesta erillistä järjestelmää käyttäen. Jarrutusenergian talteenottojärjestelmä eliminoi nostokoneiston ja jarrutusvastusten tuottaman lämmön poistamisen rakennuksesta. [125]

Jarrutusenergian talteenottojärjestelmän toiminta perustuu taajuusmuuttajakäyttöisen moottorin kaksisuuntaiseen toimintaan, jossa moottori toimii hissien nostossa sähkömoottorina ja laskeutumisessa ns. generaattorina sekä taajuusmuuttaja toimii energiavarastona. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että hissien nostamiseen vaadittava moottorin mekaaninen energia tuotetaan sähköenergialla (sähkömoottorikäyttö) ja puolestaan jarrutuksen tuottama mekaaninen energia muutetaan moottorissa sähköenergiaksi (generaattorikäyttö), joka varastoidaan taajuusmuuttajaan ja ohjataan edelleen takaisin verkkoon.

Hissikäytössä jarrutusenergiaa syntyy sekä hissien laskeutumisessa että hissien nostossa. Energian määrä riippuu hissien kuormasta, mikä tarkoittaa sitä, että kun hissi laskeutuu täytenä tai nousee tyhjänä, sillä tuotetaan enemmän energiaa kuin se kuluttaa. Tämän mahdollistaa mm. uusittu KONE EcoDisc-moottori, jolla on lähteen mukaan erittäin hyvä hyötysuhde. [125]

Jarrutusenergiaa talteenottavilla järjestelmillä voi olla merkittävä vaikutus hissien energiankulutukseen, riippuen tietenkin käyttökohteesta ja -tavasta. Esimerkiksi KONEen analyysien mukaan, ilman jarrutusenergian talteenottoa olevan hissien energiankulutus voi olla 4800 kWh:a vuodessa, kun jarrutusenergian talteenottojärjestelmällä varustetun samanlaisen hissien energiankulutus olisi 3500 kWh:a vuodessa. Laskelmien perusteena on käytetty 1 m/s nopeutta, 2000 kg kuormaa, 200 000 käynnistyskertaa vuodessa ja nostokorkeutena 10 kerrosta. Eli kohtalaisen suuressa rakennuksessa sekä erittäin suurella kuormalla saavutettaisiin hissikäytössä energiansäästöä noin 1300 kWh:a vuodessa. [125]

KONEen hissiratkaisulla, joka on varustettu EcoDisc-nostokoneistolla ja jarrutusenergian talteenottojärjestelmällä, voi hissien energiankulutus pienentyä keskimäärin 20–35 prosenttia, riippuen mm. rakennuksen korkeudesta ja hissien nopeudesta. Tietyntyyppisissä olosuhteissa järjestelmällä voidaan saavuttaa jopa 50–60 prosentin säästö energiankulutuksessa. Tällaisia olosuhteita voivat olla rakennukset, joissa hissien käyttö on jatkuvaa sekä kuormat ovat suuria. [125]

3.8 Kotitalouskuormat

Asuinrakennusten sähkönkäyttöön liittyviä ns. kotitalouskuormia ovat esimerkiksi autolämmitykset ja sähköautojen lataukset sekä muut kulutuslaitekuormat. Keskeinen tekijä kotitalouskuormiin liittyen on niiden tarpeenmukaistettu käyttö sekä kuormien ohjattavuuden hyödyntäminen sähkömarkkinoilla, jota kutsutaan kysynnän joustoksi.

Kuormien ohjattavuuden hyödyntämisestä sähkömarkkinoilla, on tehty useita tutkimuksia (esimerkiksi ENETE-projekti) sekä niitä tehdään parhaillaan. Kysynnän joustolla pyritään käytännössä ohjaamaan kotitalouskuormia sähköverkon kannalta optimaaliseen vuorokauden ajankohtaan. [82]

Sähkökuormat voidaan ohjattavuuden perusteella jakaa kahteen ryhmään, ns. siirrettäviin ja rajoitettaviin kuormiin. Siirrettävien kuormien käytön ajoitusta voidaan muuttaa ja rajoitettavat kuormat puolestaan kytketään osittain tai kokonaan pois päältä ja vastaava kulutus ei enää myöhemmin palaudu. Hyvä esimerkki siirrettävästä kuormasta on ppykinpesukone ja rajoitettavasta kuormasta valaistuskuorma. [82]

Autolämmitykset voidaan katsoa kuuluvan asumisessa ns. rajoitettaviin kuormiin, kuitenkin niin, ettei käyttömukavuus kärsi kohtuuttomasti. Autolämmitysten sähkönkäyttöä voi olla mahdotonta esimerkiksi siirtää sähköverkon kannalta optimaaliseen aikaan. Autolämmityksien energiatehokkaat ratkaisut näin ollen perustuvat niiden tarpeenmukaistettuun käyttöön. [82]

Sähköautojen lataukset voidaan katsoa kuuluvan asumisessa ns. siirrettäviin kuormiin, jolloin haasteena tulee olemaan se, ettei käyttömukavuus kärsi. ENETE-projektissa on esitetty, että sähköautojen akkujen latauksen ajankohdan ajoittaminen sähkömarkkinoiden ja sähköverkon kannalta optimaaliseen vuorokauden ajankohtaan on tärkeä haaste ohjausteknologian kehitykselle. Sähköautojen latauksen on oletettu tapahtuvan pelkästään käyttäjän oman toiminnan perusteella ilman ulkopuolisia ohjaussignaaleja. [82]

Projektissa on tehty kaksi olettamusta energiatehokkuuden kehittymiselle, ns. perusskenaario ja tavoiteskenaario. Perusskenaariossa katsotaan sähköautojen määrän olevan Suomessa 200 000 kpl vuonna 2020 ja tavoiteskenaariossa 500 000 kpl. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos 200 000 kappaletta teholtaan 10 kilowatin sähköautoa kytketään samaan aikaan ladattavaksi sähköverkkoon, aiheuttaa se 2 gigawatin tehopiikin verkkoon (tavoiteskenaariossa 5 gigawatin tehopiikki). [82]

Ratkaisuna edellä mainittuihin tilanteisiin tulevat olemaan mm. sähköverkon älykkäät ratkaisut, joilla järjestelmät saadaan keskustelemaan keskenään ja akkujen lataaminen voidaan täten ohjata eri vuorokauden tunneille (kysynnän jousto). Kaupunkikäytössä sähköautolla (tai henkilöautolla) katsotaan ajettavan vuorokaudessa noin tunti, jolloin vuorokaudessa jäisi 23 tuntia aikaa ladata akkuja sähköverkon kannalta sopivina vuorokauden aikoina. [130]

Sähköautojen energiatehokkaaseen käyttöön liittyen on myös esitetty, että käyttämättöminä lataustolpissa kytkettyinä olevia sähköautoja, voitaisiin hyödyntää sähköverkon energiavarastona ja säätövoiman lähteenä. Käytännössä tällä tarkoitetaan sitä, että sähköautojen energiaa voidaan myydä takaisin verkkoon. [130]

Kotitalouksien kulutuslaitekuormat, kuten kodin elektroniikka tai ruuanlaittoon liittyvät kuormat, voidaan katsoa kuuluvan ns. siirrettäviin kuormiin. Tätä toimenpidettä on tut-

kittu mm. nimellä ”stand-by” kulutuksen ohjaamiseksi. Tällä tarkoitetaan sitä, että tiettyjen kulutskuormien stand-by kulutusta ohjataan sähköverkon kannalta optimaaliseen aikaan, kuten yöaikaan pois päältä. Tällaisia kuormia voivat olla esimerkiksi pakastimet tai vastaavat kuormat, joiden mukavuustekijät eivät kuitenkaan kärsi.

Stand-by kulutusta voidaan ohjata myös rakennusautomaation avulla, hyödyntämällä ns. kotona/pois ohjausta. Tällöin voidaan määritellä tarkasti ne kulutuspisteet, joita halutaan ohjata ja näin estää tarpeettoman energian käyttö. Tällaisia pisteitä voivat olla esimerkiksi olohuoneen viihdejärjestelmät käsittävät pisteet. Tämän lisäksi voidaan kulutskuormia ohjaamalla lisätä turvallisuuden tunnetta ja ennalta ehkäistä mahdollisia vesivahinkoja yms. Kotitalouksien kulutuslaitekuormien stand-by ohjauksessa korostuu myös kuluttajien opastaminen ja valistaminen energiatehokkaampaan toimintaan.

3.8.1 Autolämmitykset

Autolämmitykset muodostivat vuoden 2011 kotitalouksien laitesähkön kulutuksesta noin 3 prosenttia. Autolämmityksien sähköenergiankulutus on ollut kasvussa, mikä on käytännössä seuraamuksena auton sisätilalämmittimien käytön lisääntymisenä. Tyypillinen yksittäisen auton lämmityksen ottama teho on luokkaa 1,5–2 kW (moottorin esilämmitys ja sisätilanlämmitys).

Autolämmityksien käyttöä hallitaan perinteisesti ajastimilla sekä ulkolämpötilan mukaan, joilla energian tarpeetonkäyttö estetään. Esimerkiksi GAROlla on autolämmitysratkaisu (AEL-kotelo), jossa on kotelokohtainen ulkolämpötila-anturi sekä digitaalinen kello, jolla lämmityksen käyttö ajastetaan kuluttajan kannalta tarpeelliseen aikaan. Autolämmityskoteloidissa on valmiit ulkolämpötilan asetusarvot, jolloin kovalla pakkasella lämmitys käynnistyy automaattisesti korkeintaan kolme tuntia ennen lähtöaikaa ja lämpimällä säällä lämmityssähkö on päällä lyhimmillään vain puoli tuntia. [27]

Autolämmityksien tarpeenmukainen käyttö voidaan myös toteuttaa rakennusautomaation avulla, jolloin kellonajan mukaan toteutettu kuormanohjaus toteutetaan keskitetysti. Rakennusautomaation avulla toteutettu kuormanohjaus on myös todennäköisesti kustannustehokkaampi ratkaisu, koska silloin ei tarvitse jokaisen lämmitystolpan sisältää omaa automatiikkaa.

3.8.1.1 Muuntojoustavuus

Sähköautojen yleistyessä, tulee kiinteistöjen autolämmityspisteitä suunniteltaessa huomioida nykyisin myös muuntojoustavuus, mikäli kiinteistöön ei suunnitella sähköautojen latauspisteitä. Esimerkiksi edellä mainittuun GAROn AEL-koteloon, voidaan myöhemmin vaihtaa koko sisäosa elementti, jolloin autolämmityspisteestä saadaan yhdistetty autolämmitys ja sähköauton latausasema. [27]

Latausasema on varustettu omalla automatiikalla, jonka avulla lataus käynnistyy, kun auton latausjohto kytketään latauspistorasiaan ja loppuu, kun akut ovat täynnä tai kunnes lämmityspistorasiaa ohjaava kelloajastin kytkee autolämmityksen päälle. Ulkolämpötilan mukainen ohjaus toimii samalla tavalla kuin normaali AEL-kotelossa. [27]

Ratkaisu soveltuu erityisesti korjausrakentamiseen, jolloin ei tarvitse tehdä kaapelointi muutoksia. Uudisrakentamisessa yhdistelmäpisteet soveltuvat esimerkiksi kotitalouskäyttöön, jossa latauspisteiden ei tarvitse olla ns. pikalatausasemia. Lähtökohtaisesti

kiinteistöjen sähköautojen latauspisteet tulee kuitenkin suunnitella tapauskohtaisesti, jolloin voidaan myös miettiä mahdollista dynaamista kuormanohjaus järjestelmää.

3.8.2 Sähköautojen lataus

Sähköautojen käytön kasvaessa, niiden latauksen toteutus energiatehokkaasti on ajan-kohtainen tekijä kotitalouksissa. Sähköautojen lataukseen käytettävät latauspistokkeet jaetaan tyyppiluokkiin 1–3, joihin liittyen Euroopan komissio on esittänyt, että tyyppi 2 tulee olemaan vallitseva standardi Euroopassa: [27]

- Tyyppi 2 on koko Euroopassa käytössä oleva max. 70 A yksivaiheisena tai max. 63 A kolmivaiheisena (tunnetaan kauppanimellä Mennekes)

Lisäksi sähköautojen lataukset jaetaan lataustavan mukaan ns. *Mode 1–4* luokkiin seuraavasti: [27]

- Mode 1 – hidaslataus tapa, jossa ei ole erillisiä latauksen valvontalaitteita ja lataus tapahtuu tavallisesta vikavirtasuojatusta 16 A pistorasiasta (käytetään vain pienkoneiden, kuten mopoautojen latauksessa)
- Mode 2 – tilapäinen–lataustapa, jossa on kiinteästi latauskaapeliin sijoitettu suo-jalaite
- Mode 3 – peruslataustapa, jossa lataaminen tapahtuu erillisestä lataamiseen suunnitellusta asemasta (lisäksi ladattava auto ja latausasema ”keskustelevat” latauskaapelin välityksellä)
- Mode 4 – tehollataus, jossa käytetään suuritehoista tasasähköä (DC). Lataustapaa voidaan käyttää esimerkiksi palveluasemilla ja muissa paikoissa, joissa tarvitaan nopeaa latausta

Sähköautot jaetaan täyssähköautoihin ja ns. hybridautoihin. Täyssähköautolla voidaan latausvälillä ajaa noin 120–140 km, joka soveltuu taloudelliseen ja ympäristöystävälliseen ajoon lyhyemmille etäisyyksille kaupungeissa ja taajamissa. Hybridauton ajomatka pelkällä akkukäytöllä on 20–60 km. Molemmat autotyypit voidaan ladata tavallisesta 1–vaiheisesta syötöstä ja esimerkiksi 10 A pistorasiasta. Hybridauton latausaika on tällöin noin 2–4 tuntia ja täyssähköautolla noin 8–10 tuntia. Taulukossa 11 on esitetty ohjeellisia latausaikoja täyssähköautoille (akusto 20 kWh) ja ladattaville hybridautoille (akusto 7 kWh). [27]

Taulukko 11. Sähköautojen latausaikoja ja -tehoja [27]

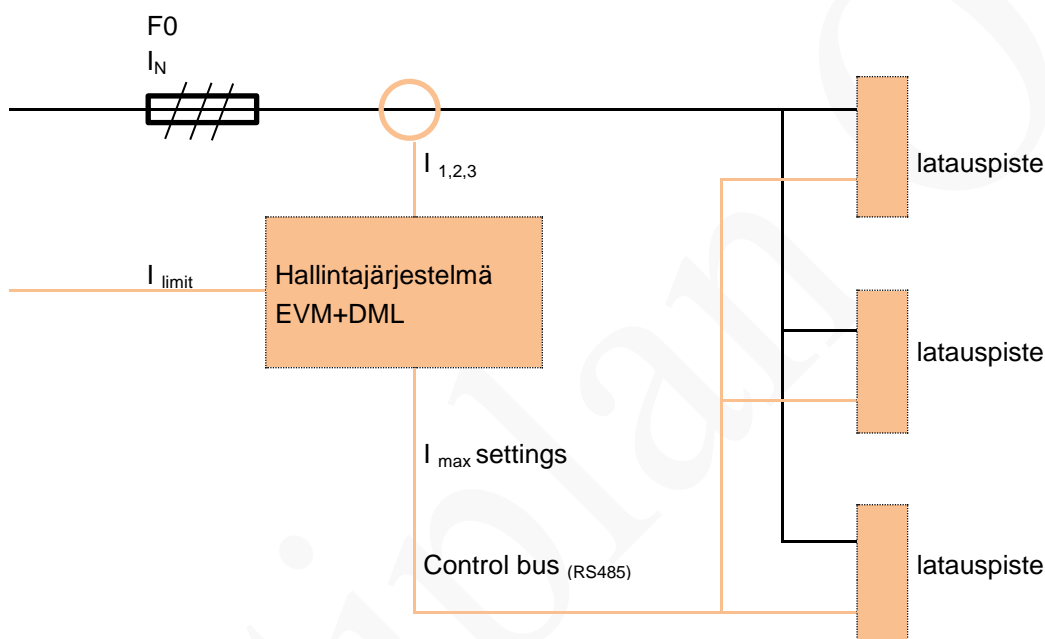
	Teho n. kW	Latausaika (täyssähkö/hybridi) n. tuntia
1-vaihe 230 V - 10 A	2,3	9 / 3
1-vaihe 230 V - 16 A	3,7	5 / 2
3-vaihe 400 V - 16 A	11	2
3-vaihe 400 V - 32 A	22	1
3-vaihe 400 V - 63 A	44	0,5
DC CHAdeMO / CCS	20	50 min. < 80 %
DC CHAdeMO / CCS	55	20 min. < 80 %

3.8.2.1 Dynaaminen kuorman ohjaus

Sähköautojen latauksen energiatehokkuutta ja kustannustehokkuutta voidaan parantaa dynaamisella kuorman hallintajärjestelmällä, jonka avulla voidaan hallita sähköautojen latausvirran suuruutta ja näin ollen pienentää suunniteltua mitoitusvirtaa.

Esimerkiksi Enstolla on suhteellisen uusi ratkaisu, ns. älykäs paikallinen sähköautojen hallintajärjestelmä, joka mahdollistaa sähköautojen dynaamisen kuorman ohjauksen (Dynamic Load Management, DLM). [131]

DML-järjestelmää (kuvio 15) käytetään, kun useita sähköautoja halutaan ladata samanaikaisesti saman syöttökeskuksen alaisista latauspisteistä. DML-järjestelmä rajoittaa automaattisesti sähköautojen ottamaa latausvirtaa, mikäli syötön maksimivirta uhkaa ylittyä. Järjestelmä hyödyntää virtamuuntaja mittausperiaatetta. [131]



Kuvio 15. Sähköautojen latauksen hallintajärjestelmä [131]

Järjestelmän avulla saadaan kustannustehokas ratkaisu, jonka myötä voidaan tarjota sähköautoille useita latauspisteitä (maksimissaan 20 latauspistettä) ilman, että latausalueen sähkösyöttöä tarvitsee kasvattaa kohtuuttomasti. Hallintajärjestelmän avulla perustamiskustannukset ja liittymäkustannukset pysyvät pieninä sekä se on muuntojoustava, mikä mahdollistaa järjestelmän laajentamisen myös tulevaisuudessa. [131]

3.9 Energiankäytön hallinta

Asuinrakennuksen energiankäytön hallinta on erittäin keskeisessä asemassa energiatehokkaan rakennuksen muodostumisessa ja ylläpitämisessä, sillä suurin yksittäinen rakennuksen vuosittainen menoerä syntyy käytönaikaisesta energiankulutuksesta. Energiankäytön hallinnalla pyritään estämään tarpeettoman energiankulutuksen syntyminen rakennuksen käytönaikaisessa toiminnassa.

Energiankäytön hallinnalla on keskeinen merkitys myös ympäristön kuormituksen kannalta, sillä noin 80–90 prosenttia rakennusten tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä syntyy rakennuksen käytönaikaisesta toiminnasta. Asuinrakennuksen energian tehok-

kaalla käytöllä on siis vähintään yhtä suuri merkitys kuin sen sisältämällä energiansäästöä edistävillä teknisillä ratkaisuilla ja uusiutuvan energian tuotannolla. [128]

Rakennuksen energiatehokkuuden muodostuminen ja energiatehokas käyttö, ovat aina rakennuksen käyttäjien vastuulla, eli hyvä suunnittelu ja energiatehokkaat tekniset ratkaisut eivät yksistään takaa energiatehokasta lopputulosta. Rakennuksen automaation ja talotekniikan tarpeenmukaistettujen käyttöjen lisäksi, rakennuksen energiankäytön hallinnassa korostuu energiankulutuksen seuraaminen ja rakennuksen käyttäjien ja huoltohenkilökunnan opastaminen. [54]

3.9.1 Energiatehokkaan käytön opastaminen

Keskeisessä asemassa energianhallinnan kannalta on rakennuksen käytöstä ja ylläpidosta vastaavien henkilöiden opastaminen ja perehdyttäminen rakennuksen energiatehokkaisuun ratkaisuihin. Käytön opastaminen tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa, sillä tekninen henkilöstö tulee perehdyttää ajoissa rakennuksen energiatehokkaisuun ratkaisuihin, jolloin niitä osataan käyttää oikein ja tarkoituksenmukaisesti. [54]

Mitä isommasta ja monimutkaisemmasta rakennuskokonaisuudesta tai järjestelmästä on kyse, sitä enemmän on syytä kiinnittää huomiota käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön opastamiseen. Käyttäjät ja huoltohenkilöstö tulee aina perehdyttää rakennuksen taloteknisten järjestelmien energiatehokkaaseen käyttöön, niin asuinhuoneistojen kuin koko kiinteistön osalta. [54]

Asuinrakennuksissa korostuu selkeiden ja ymmärrettävien käyttö- ja huolto-ohjeiden laatiminen, sillä nykyisin asuinrakennusten käyttö- ja kunnossapitotoimet ovat usein ulkoistettuja. Suunnitteluvaiheen dokumentoinnin merkitys on erittäin keskeisessä asemassa rakennuksen energiankäytön hallinnassa koko sen elinkaaren ajan, koska huolto-yhtiö voi vaihtua useinkin.

Myös asuinhuoneistojen käyttäjien opastamisessa korostuu selkeiden ja ymmärrettävien käyttöohjeiden laatiminen sekä energiatehokkaan käytön opastaminen. Käyttöohjeiden merkitys korostuu esimerkiksi valaistuksessa niin, että ohjeistetaan kuluttajia valitsemaan suunniteltuihin valaisimiin soveltuvat ja energiatehokkaat lamput. Tällöin varmistetaan mm. se, että suunnitellun valaisimen valonjako ominaisuudet täyttyvät myös lampun vaihdon jälkeen. Asuinhuoneistoihin voidaan laatia esimerkiksi seuraavanlaisia käyttöohjeita:

- ”energiatehokas lamppuluettelo”, jossa listataan kyseisen huoneiston valaisimiin soveltuvat energiatehokkaat lamput ja eri vaihtoehdot
- ”4-asentoisen ilmanvaihdon käyttöohje” (3.2.5 Tarpeenmukainen käyttö)
- ”stand-by kulutuksen hallinta”
- ”energianäyttöjen hallinta”, mikäli sellaisia kohteessa on
- jne.

Rakennuksen energiatehokkaan käytön ja kunnossapidon varmistamiseksi on julkaistu ST-kortti 98.50 (Energiatehokkuusvaatimusten huomioiminen rakennusten sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käytössä ja kunnossapidossa). Kortissa käsitellään huoltoa ja kunnossapitoa hyvinkin kattavasti.

3.9.2 Mittarointi ja seuranta

Rakennuksen mittaroinnille ja kulutuksen seuraamiselle on asetettu vaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, joiden tarkoituksena on mahdollistaa rakennuksen todellisen energiankulutuksen todentaminen tarvittaessa. Nykyisten rakentamismääräysten mukaisesti rakennuksen energiatodistuksen laadinnassa käytetään laskennallista kokonaisenergiatarkastelua (E-lukua), joka poikkeaa aiemmin käytetystä rakennuksen toteutuneisiin kulutuksiin perustuvasta käytännöstä. Mittaroinnin ja kulutuksen seuraamisen vaatimukset esitettiin tämän oppaan luvussa 2.3.1 (*Energiatehokkuuden vaatimukset*).

Erittäin keskeisessä asemassa rakennuksen energiatehokkuuden todentamisessa ja toteutumisen seuraamisessa, ovat kulutusmittarit ja rakennuksen automaation kautta saatavat mittaustiedot toteutuneista olosuhteista. Energiatehokkaiden ratkaisuiden varmistamisessa, energiankulutuksen ja olosuhteiden mittaukset, ovat viime kädessä ainoita keinoja todentaa asetettujen energiatehokkuustavoitteiden toteutuminen. [51]

Kuten rakennusautomaatio kappaleessa jo käsiteltiin, rakennusautomaatio on kiinteistön taloteknisten järjestelmien käyttöliittymä, joka auttaa pitämään kiinteistön olosuhteet parhaalla mahdollisella tasolla. Rakennusautomaation avulla tarkka kulutuksen seuranta ja älykäs ohjaus mahdollistavat energiankäytön tehokkaan hallinnan, mikä lisää rakennuksen energiatehokkuutta merkittävästi. Mikäli energiankulutus kasvaa yllättäen, kohdistettavat kulutustiedot helpottavat vian paikallistamisen ja mahdollistavat nopean reagoimisen, jolloin voidaan estää tarpeeton energiankulutus. [54]

Tärkeään on huomioida, että rakennuksen käyttäjä ja/tai huoltohenkilöstö osaa käyttää rakennusautomaatiota oikein. Graafinen käyttöliittymä on havainnollinen ja yksinkertainen käyttöliittymä huoltohenkilöstölle tai rakennuksen käyttäjälle. Esimerkiksi lämpöpötilaa säätävälle satunnaiskäyttäjälle riittää useimmiten yksinkertainen käyttöliittymä, jossa on painikkeet ”+ ja -” sekä näyttö sen hetkisistä rakennuksen olosuhteista. Huoltohenkilöstö, kuten esimerkiksi ulkoistettu huoltoyhtiö, arvostaa hälytyslokia ja tärkeimpien suureiden jatkuvaa seurantaa, jolla voidaan päätellä hälytyksien syitä. [54]

Asuinrakennusten osalta nykyisin tulee huomioida myös asuinhuoneistokohtaiset mittaroinnit ja kulutuksenseuranta mahdollisuus. Energiankulutuksen seuraamisen mahdollisuus asuinhuoneistossa, vaikuttaa tutkitusti kuluttajien omiin käyttötottumuksiin. Esimerkiksi asuinhuoneistojen pakollisiksi tulleiden vesimittarointien myötä on arvioitu, että vedenkulutus vähentyy 15–20 prosenttia niissä kohteissa, joissa vedenkulutusta mitataan.

Sähkönkäyttöön liittyen on puolestaan tutkittu ns. energianäyttöjen vaikutusta kuluttajien käyttötottumuksiin. Energianäytöt ovat tutkitusti tehostaneet sähkönkäyttöä keskimäärin 7 prosenttia (tutkimukset tehty maailmanlaajuisesti).

Energiankulutuksen seuraamisen vaikutus käyttötottumuksiin

Tyypillinen vedenkulutus Suomessa on 90–270 litraa asukasta kohden vuorokaudessa. Keskimääräisesti jokainen suomalainen käyttää vettä 155 litraa vuorokaudessa. Vedenkulutuksessa tavoitellaan noin 100–120 litran vuorokausi kulutusta asukasta kohden. Lämpimän käyttöveden osuus vedenkulutuksesta on keskimäärin 40–50 litraa vuorokaudessa henkilöä kohden, joka on asuinrakennuksen energiankulutuksesta merkittävä, sillä noin viidennes energiasta kuluu veden lämmittämiseen. [84]

Huoneistokohtaiset vesimittarit tulivat pakollisiksi uudisrakentamisessa 3.1.2011 alkaen, joka on vahvistettu ympäristöministeriön asetuksella rakentamismääräyskokoelman osassa D1. [Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen](#) -tutkimuksen mukaan, huoneistokohtaisten vesimittareiden katsotaan vaikuttavan vedenkulutuksen vähentymiseen 15–20 prosentilla henkilöä kohden. [84]

3.9.3 Sähkönkäytön seuranta

Sähkönkäytön seuranta on yksi tärkeä osatekijä asuinrakennusten energiatehokkuuden edistämisen kannalta. Energiatehokkaana ratkaisuna se perustuu ns. sähkönkäytön kuluttajapalautteeseen, jolla tarkoitetaan kuluttajalle välitettyä informaatiota sähkönkäytön rakenteesta. Informaation tarkoituksena on opastaa kuluttajaa tuntemaan sähkönkäytönssä rakennetta sekä mahdollistaa esimerkiksi käyttötottumuksien muuttamisen ja laiteinvestointien suuntaamisen energiatehokkaampaan suuntaan. [127]

Kiinnostus kuluttajapalautteen kehittämisestä energiansäästökeinona, on viime vuosina lisääntynyt mm. energian hinnannousun ja sähköntuotannon ympäristövaikutuksien hillitsemisen myötä kasvaneita yleisiä paineita energiankäytön tehostamiseksi ja energian säästämiseksi. Kuluttajien käyttötottumuksiin vaikuttaminen on myös yksi keskeisiä EU-direktiivien asettamia tavoitteita, joiden myötä on asetettu energiayhtiöille vaatimuksia energiankulutuksen palautetiedon antamisesta kuluttajille. [127]

Sähkölasku on perinteinen esimerkki sähkönkäytön kuluttajapalautteesta, johon voidaan liittää mm. erilaisia kohteen sähkönkulutuksen historiaa kuvaavia tunnuslukuja tai kaavioita. Teknologian kehitys on kuitenkin tuonut sekä on jatkuvasti tuomassa markkinoille uudenlaisia, uutta teknologiaa hyödyntäviä kuluttajapalautemuotoja. Maailmalla on yleistymässä esimerkiksi sähkönkulutuksen etäluettava mittarointi (Automated Meter Reading, AMR) sekä lisäksi kehitystyön alla on sähkön älykäs mittarointi (Smart Metering), joka käsittää mm. kulutustietojen tallentamisen, tiedonsiirron ja tiedon tehokkaan hyödyntämisen. [127]

Uusien teknologioiden avulla mahdollistuvat esimerkiksi sähkönkulutus- tai hetkellisten hintatietojen siirto reaaliaikaisesti sähköntuottajien ja -kuluttajien välillä digitaalisessa muodossa. Kyseisiä teknologioita (AMR- ja Smart Metering) voitaisiin hyödyntää sähköverkon toiminnan hallinnan lisäksi myös sähkön kuluttajapalautteen kehittämisessä, johon liittyen onkin useita erilaisia ratkaisuita tutkimus- ja kehitystyön kohteena. [127]

Nykyisin suhteellisen uutena kuluttajapalautteen muotona käytetään ns. energianäyttöjä, joiden avulla voidaan välittää kotitalouksiin reaaliaikaista informaatiota sähkönkulutuksesta. Reaaliaikaista informaatiota voidaan hyödyntää energiatehokkuuden edistämiseksi, vaikuttamalla kuluttajatottumuksiin ja kotitalouslaitteiden teknologian käyttöön ottoon. Reaaliaikaiset energianäytöt voidaan sijoittaa erilleen asuntojen sähkömittarista, mikä lisää mm. niiden käyttäjävälisyyttä. Edistyneimmät energianäytöt hyödyntävät myös etäluettavien sähkömittareiden teknologioita ja voivatkin tulevaisuudessa toimia myös osana ns. älykästä sähköverkkoa (Smart Grid). [127]

Edistyneimpien energianäyttöjen käytön edellytyksenä ovat etäluettavat sähkömittarit, joihin liittyen on myös saatettu voimaan verkkoyhtiöitä koskevia lakeja. Vuoden 2013 loppuun mennessä verkkoyhtiöiden tuli siirtyä tuntipohjaiseen sähkömittarin luentaan ja vuoden 2014 alusta lähtien jokaisen verkonhaltijan verkossa on tullut käyttöpaikoista olla vähintään 80 prosenttia etäluettavan tuntimittauksen piirissä. [127]

Energianäyttöjen ja sähkömittarin tai mittausteknologian välinen tiedonsiirto voidaan nykyisin toteuttaa langattomasti, mikä mahdollistaa laitteen vapaamman sijoittelun tai liittämällä energianäyttö fyysisellä kytkennällä rakennuksen automaatiojärjestelmään (esim. KNX), mikä mahdollistaa osaltaan edistyskellisemmät toiminnot ja kulutuksen seurannan reaaliajassa. [127]

3.9.3.1 Kuluttajapalautteen välittäminen

Energianmuotojen, kuten sähkönkäytön kuluttajapalautteet, jaetaan suoriin (reaaliaikainen) ja epäsuoriin palautteisiin. Reaaliaikaisessa palautteessa kotitalouksien sähkönkulutustietoja voidaan välittää esimerkiksi reaaliaikaisen mittarin, yksittäisten laitteisiin kiinnitettävien ilmaisimien tai energianäytön kautta. Epäsuorassa palautteessa kulutustietoja on käsitelty esimerkiksi sähkönmyynti- tai jakeluverkkoyhtiön toimesta ja ne toimitetaan kuluttajille käyttöajankohdan jälkeen. [127]

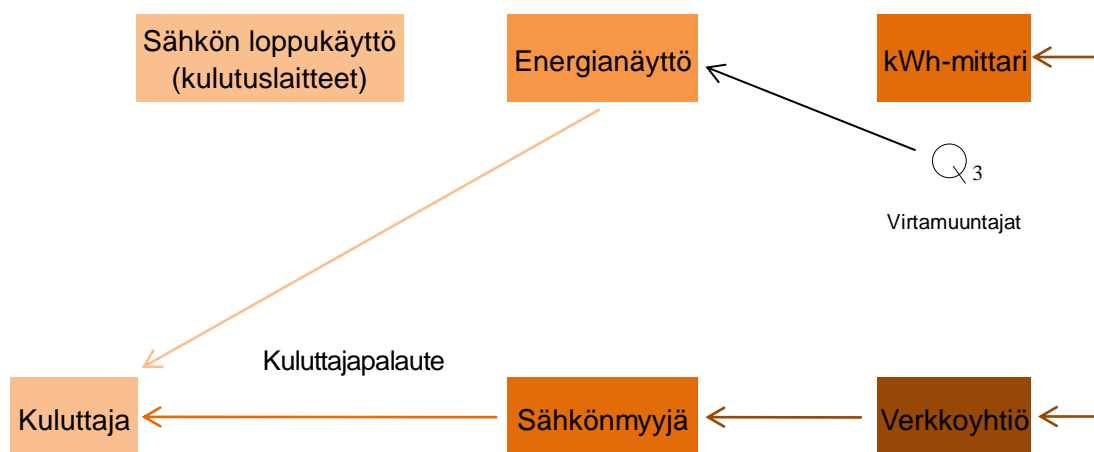
Kuluttajapalautteen eri muotojen vaikutusta kuluttajien käyttötottumuksiin ja energiansäästötoimiin on vaikea verrata, joten yleisesti on esitetty, että palautteen tulisi olla tehokas, sähkönsäästöä edistävä ja käyttäjäystävällinen. Toimivan palautteen sisällöksi on esitetty mm. seuraavia tekijöitä: [127]

- Todellisen kulutuksen mukaan
- Säännöllinen palaute (vähintään päivittäin)
- Interaktiivinen ja sisältää valinnanmahdollisuuksia kotitalouksille
- Laitekohtaiset kulutustiedot
- Historialliset kulutustiedot (vertailu mahdollisuus)
- Tiedon esitys ymmärrettävällä ja vetoavalla tavalla

Tehokkain palautemuoto voi riippua kuluttajaryhmän ohella myös energiansäästötoimista, jossa säästötoimenpiteen vaatiman investoinnin suuruudella on merkittävä vaikutus tekijä kuluttajan päätöksenteossa. [127]

3.9.4 Energianäytöt

Energianäytöillä tarkoitetaan kotitalouskäyttöön suunniteltuja laitteita, jotka mahdollistavat sähkönkulutuksen reaaliaikaisen tarkkailun koko kotitalouden tasolta (ei erillistä kulutuspisteiden mittausta). Energianäyttöjärjestelmän periaatteellinen taso muodostuu kuvion 16 mukaisista osakokonaisuuksista ja toimijoista, jossa järjestelmässä sovellettavat tiedonsiirto- ja mittausteknologiat vaikuttavat olennaisesti järjestelmän mahdollisuuksiin ja ominaisuuksiin. [127]



Kuvio 16. Ensimmäisen sukupolven energianäyttöjärjestelmän toimintaperiaate [127]

Kuviossa 16 on esitetty ns. ensimmäisen sukupolven energianäyttöjärjestelmän ratkaisu, jossa energianäytön välittämät tiedot johdetaan kWh-mittarin lukemista tai sovelletaan suoraan mittaukseen. Energianäyttöjärjestelmä sisältää yleensä varsinaisen energianäytön lisäksi laitteen, jonka avulla teho luetaan, mitataan ja arvioidaan. Mitatut tiedot välitetään varsinaiseen energianäyttöön langattomasti tai langallista tiedonsiirtotekniikkaa hyödyntäen. [127]

Energianäytöllä voidaan esittää tietoja esimerkiksi seuraavista asuinhuoneiston energiankäytön muuttujista: [127]

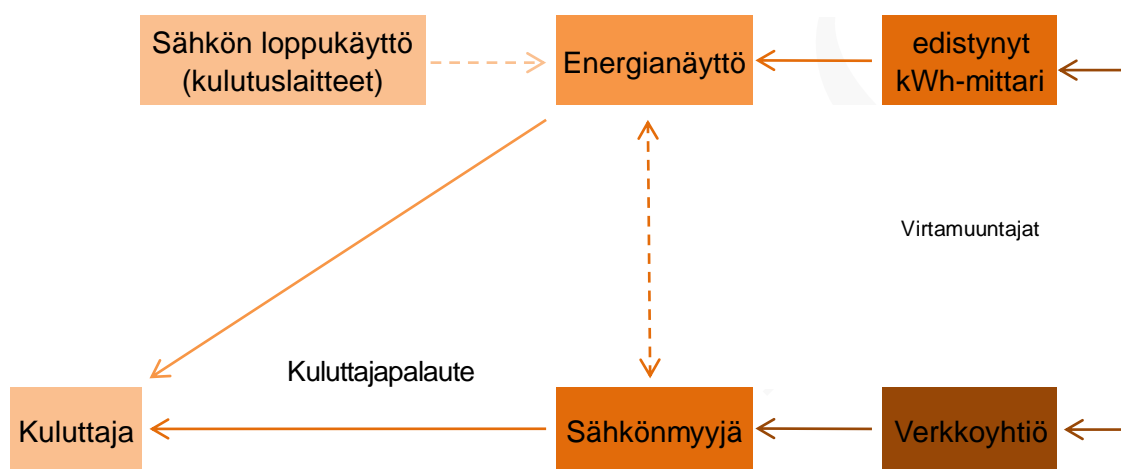
- Hetkellinen energiankulutus, esim. kW/h tai €/h
- Sähkön kumulatiivinen hinta, € (esim. laskutuskauden alusta)
- Kumulatiivinen energiankulutus, kWh
- Ennustukseen perustuva kuukauden sähkölasku, €
- Sähkönkulutuksen hiilidioksidipäästöt, kg tai kg/h
- Muuttujien vertailu tavoitteeseen tai kulutushistoriaan (esim. vuositasolla tai päivittäisellä tasolla)
- Aika, lämpötila ym. lisätiedot
- Hetkelliset sähkön hintasignaalit tms. myynti- tai jakeluverkkoyhtiöltä tulevat viestit (edistyneemmät energianäytöt)

Ensimmäisen sukupolven energianäytöissä mittaukset perustuvat jälkiasennettavien virtamuuntajien tai pulssi- tai LED-lukuanturien avulla mitattuun tietoon sekä langattomaan tiedonsiirtoon. Kyseisten energianäyttöjen välittämä tieto on kuitenkin ollut yleensä melko rajoittunutta. Useat energianäytöt esittävät arvion hetkellisestä kotitalouden sähkönkulutuksesta (kWh) ja vastaavasta kustannuksesta (kustannus/h), jaksolla kertyneistä kustannuksista tai sähkömäärän tuottamisesta aiheutuneista kasvihuonekaasupäästöistä. Esimerkiksi reaaliaikaisen ja dynaamisen hintatiedon esittäminen on ollut rajallista. [127]

Virtamuuntajaan perustuvissa energianäytöissä, joita Suomessakin on saatavilla, mittausvirheet kuitenkin voivat olla huomattavia. Tämä ilmenee etenkin kotitalouksissa, joissa loistehon määrä on suuri tai jännite poikkeaa nimellisestä (230 V). Loistehoa kuluu paljon mm. kotitalouksissa, joissa lämmitykseen käytetään lämpöpumppua. Sähkölämmityskohteissa, joissa jännite poikkeaa paljon nimellisestä jännitteestä, voi tiedon tarkkuus olla lämmityskaudella ± 10 prosenttia. Tästä syystä on olemassa riski, että jäl-

kiasennettavaan virtamuuntajaan perustuvat näytöt eivät riittävällä tarkkuudella anna tietoa oikeiden johtopäätösten tekemiseksi. [127]

Uudemman sukupolven laitteita kutsutaan ns. edistykselliseksi energianäytöiksi, jotka on suunniteltu toimimaan yhteensopivasti digitaalisten etäluettavien sähkömittareiden kanssa. Edistyksellisempien ja toiminnoiltaan monipuolisempien energianäyttöjen kehittämisen on mahdollistanut etäluettava mittariteknologia (AMR). Edistyksellisen energianäyttöjärjestelmän periaatteellinen taso muodostuu kuvion 17 mukaisista osakokonaisuuksista ja toimijoista, jossa energianäytöt ovat tyypillisesti suoraan yhteydessä etäluettavaan mittariin. Edistykselliset energianäytöt voivat hyödyntää reaaliaikaisesti mittarin välittämiä sähkönkulutustietoja ja sähköyhtiöltä peräisin olevia tuntihinta-/tariffitietoja kuluttajapalautteen tuottamisessa. Informaatio voi olla muodoltaan esimerkiksi merkkivalon syttyminen, kun sähkön hintataso muuttuu. [127]



Kuvio 17. Edistyksellisen energianäyttöjärjestelmän toimintaperiaate [127]

Sähkönkäytön lisäksi, jotkin energianäyttömallit voivat seurata myös kaasun tai veden kulutusta. Kulutustiedon tehokkaampi hyödyntäminen esimerkiksi PC:n ja energianhallintaohjelmien avulla voi mahdollistaa myös kehittyneemmät analyysit, kuten laitekohtaiset kulutusarviot tai energianäytön antamat sähkösäästövinkit. [127]

Edistyksellisillä energianäytöillä ja etäluettavien mittareiden välityksellä, voidaan kaksisuuntaisella yhteydellä välittää tietoja energiayhtiön kanssa. Energiayhtiö tai kuluttaja voi mahdollisesti hyödyntää tätä ominaisuutta toiminnan kehittämiseksi sekä kysynnän hallinnan edistämiseksi. [127]

Energianäyttöjen suunnittelussa tulee huomioida se, millaisessa muodossa ja mitä tietoja näytössä tulisi esittää, jotta kuluttajat voisivat tehdä tehokkaita energiaa säästäviä päätöksiä. Asiaa on tutkittu suhteellisen vähän, joten ei ole esimerkiksi selvää parantako edistyneiden näyttöjen mahdollisesti hienojakoinen tieto kuluttajan energiansäästöä tehokkaammin, kuin ensimmäisen sukupolven näyttöjen yksinkertaisempi tieto. Joskus yksinkertainenkin on kaunista. [127]

3.9.4.1 Energianäyttöjen vaikutus kuluttajien käyttötottumuksiin

Energianäyttöjen vaikutusta kuluttajien energiankäytön vähentymiseen, on tutkittu maailmalla tehtyjen laajojen kenttäkokeiden perusteella. Maailmanlaajuisesti tiedetään yli 30 kenttäkoetta, joissa reaaliaikaisen kulutuspalautteen vaikutusta on arvioitu. Maail-

malla toteutetut energianäyttöjen vaikutuksia arvioivat tutkimukset, ovat sisältäneet usein vaihtelevasti eri kuluttajapalaute- tai kysyntäjoustomekanismien yhdistelmiä, dynaamista hinnoittelua tai automaattisen kysynnänjouston mahdollistavia teknologioita.

Tässä oppaassa tarkastellaan energianäyttöjä koskevia tutkimustuloksia, jotka perustuvat VTT:n ENETE-tutkimusraporttiin. [127]

Ensimmäisen sukupolven energianäyttöjen kenttäkokeissa on saavutettu keskimäärin 7 prosentin energiansäästöä (Yhdysvallat, Kanada, Australia ja Japani). Yksittäisten energiansäästö tutkimuksien tulokset ovat luokkaa 3–13 prosenttia. Joidenkin laitevalmistajien mukaan energianäyttöjen avulla on saavutettavissa jopa 20 prosentin energiansäästöt, joka on havaittu myös yksittäisissä kenttäkokeissa. Raportissa esitetään, että on ollut viitteitä myös siitä, että energianäyttö lisää dynaamisen sähkötariffiin vaikutusta kysynnänjoustoon. Tällöin sähkölaitteiden käyttö siirtyy hetkiin, jolloin alhaisempi hinta on voimassa ja sähköverkon kuormitus on pienempi. [127]

Edistyksellisten energianäyttöjen ja älykkään mittaroinnin tutkimustuloksia on raportin mukaan saatavilla niukasti (Australia ja Hollanti). Tutkimukset mitä on tehty, ovat olleet laajuudeltaan pienehköjä ja kestoltaan lyhyehköjä, jotta niiden perusteella voitaisiin tehdä johtopäätöksiä vaikutusten pysyvyydestä. Australiassa tehdyssä kenttäkokeessa edistyksellisen energianäytön (ecoMeter) vaikutukseksi on laitevalmistaja Landis+Gyr:in raportin mukaan arvioitu keskimäärin 15 prosentin säästö sähkönkulutuksessa. Kyseinen energianäyttö sisälsi myös vedenkulutuksen tarkkailu ominaisuuden, jonka osalta havaittiin 5 prosentin säästö vertailuryhmään nähden. [127]

Raportissa on käsitelty myös kuluttajien reagoimista sähkönkulutukseen energianäyttöjen seuraamisen myötä. Eräässä kenttäkokeessa (virtamuuntajaan perustuva Efergy-mittari) yleisimmät kuluttajien toimet energiankulutuksen pienentämiseksi olivat olleet valojen sammuttaminen sekä lieden käytön vähentäminen. Kolmantena oli ollut kylpyhuoneiden lisälämmittimien pois kytkentä, mikä voi olla toisaalta huono juttu kosteuden hallinnan kannalta. [127]

Puolestaan Japanissa suoritettun internet-pohjaisen järjestelmän kenttäkokeissa, tutkimuksen mukaan jotkut kotitaloudet pystyivät pienentämään mm. lämmön kulutustaan 20–45 prosenttia. Kenttäkokeessa käytetty järjestelmä (ECOIS II) oli kaupallisesti saatavilla olevia energianäyttömalleja edistyksellisempi. Järjestelmä tuotti puolen tunnin välein päivittyvää laitekohtaista tietoa sekä tietoa koko kotitalouden sähkön ja kaasun kulutuksesta ja huonelämpötilasta. [127]

Tutkimustuloksia energianäyttöjen vaikutuksista Suomen oloissa on vähän esillä, mutta pilottihankkeita on kyllä suoritettu. Esimerkiksi HimosMaaailma Oy:n vuokramökeillä oli toteutettu helmikuusta 2012 maaliskuun 2013 loppuun asti pilottihanketta, jossa asukkailla oli mahdollisuus käyttää energianäyttöjä ja seurata omaa kulutustaan. [129]

Yhteenvetona pilottihankkeesta on todettu, että tarkkailemalla omaa energiankäyttöään voi tehdä ratkaisuja, jotka laskevat kokonaisenergiankulutusta. Reaaliaikaisen energianäytön seuranta on todettu pilottihankkeissa tehokkaaksi keinoksi vaikuttaa kulusasteisiin. [129]

LÄHTEET

1. Energia & tehokkuus, Energiatehokkuus, RAKLI ry luettu 20.1.2014
<http://www.rakli.fi/energia-tehokkuus/energiatehokkuus.html>
2. Puitesopimus kiinteistöalan energiankäytön tehostamisesta, Energiatehokkuus sopimukset, Ympäristöministeriö, Työ- ja elinkeinoministeriö, Asunto-, toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry 2009
3. Energiatehokkuus, Työ- ja elinkeinoministeriö, Luettu 21.1.2014
<http://www.tem.fi/energia/energiatehokkuus>
4. Rakennusten energiatehokkuus. Tiivistelmät EU:n lainsäädännöstä. EUROPA. Luettu 11.2.2014
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0021_fi.htm
5. Vuoden 2013 strategia. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. VNS 2/2013 vp. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto. 8/2013.
http://www.tem.fi/energia/energia-_ja_ilmostostrategiat/vuoden_2013_strategia
6. Vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategia. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6. päivänä marraskuuta 2008. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja
http://www.tem.fi/energia/energia-_ja_ilmostostrategiat/vuoden_2008_strategia
7. Ehdotus ilmasto- ja energiapolitiikan puitteiksi 2030 oikeansuuntainen. Energiateollisuus ry. Luettu 23.1.2014
<http://energia.fi/ajankohtaista/lehdist-tiedotteet/ehdotus-ilmasto-ja-energiapolitiikan-puitteiksi-2030-oikeansuuntain>
8. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Ympäristöministeriö. Luettu 20.1.2014
http://www.ym.fi/fi-FI/ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka
9. Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä. 4.2.2010. Työ- ja elinkeinoministeriö
http://www.tem.fi/energia/energiatehokkuus/valtioneuvoston_periaatepaatos_energiatehokkuustoimenpiteista
10. Energian kokonaiskulutus väheni 5 prosenttia vuonna 2011. Julkaistu 13.12.2012. Tilastokeskus. Luettu 24.12.2014
http://www.tilastokeskus.fi/til/ehk/2011/ehk_2011_2012-12-13_tie_001_fi.html
11. Tuotteiden energiatehokkuus. Työ- ja elinkeinoministeriö. Luettu 11.2.2014
http://www.tem.fi/energia/energiatehokkuus/tuotteiden_energiatehokkuus
12. Tuotteiden ekologinen suunnittelu eli ecodesign. Tuotteiden ekosuunnittelu ja energiamerkintä. Luettu 12.2.2014
http://www.ekosuunnittelu.info/yleista_tietoa/ekosuunnittelu

13. Valaistus. Tuotteiden ekosuunnittelu ja energiamerkintä. Luettu 12.2.2014
<http://www.ekosuunnittelu.info/tuoteryhmat/valaistus>
14. Motiva ja Tukes: Uudesta energiamerkistä apua valaisimen valintaan. Tuotteiden ekosuunnittelu ja energiamerkintä. Päivitetty 26.3.2014. Luettu 1.4.2014
[http://www.ekosuunnittelu.info/yleista_tietoa/ajankohtaista/motiva_ja_tukes_uudesta_energiamerkista_apua_valaisimen_valintaan_\(paivitetty\).1018.news](http://www.ekosuunnittelu.info/yleista_tietoa/ajankohtaista/motiva_ja_tukes_uudesta_energiamerkista_apua_valaisimen_valintaan_(paivitetty).1018.news)
15. Energiamerkintä. Tuotteiden ekosuunnittelu ja energiamerkintä. Luettu 12.2.2014
http://www.ekosuunnittelu.info/yleista_tietoa/energiamerkinta
16. Ekosuunnittelu. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Luettu 12.2.2014
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/EcoDesign---Tuotteiden-ekologinen-suunnittelu-ja-energiamerkinnat/>
17. Energiamerkintä. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Luettu 12.2.2014
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/Energiamerkinta-direktiivi/>
18. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. 19.10.2010. Rakennusten energiatehokkuus. (uudelleen laadittu)
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF>
19. Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. Ympäristöministeriö. Luettu 12.2.2014
http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto
20. Energiatehokkuusdirektiivin toimeenpano. EED-työryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto. 1/2014
http://www.tem.fi/energia/energiatehokkuus/energiatehokkuusdirektiivin_toimeenpano
21. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU. 25.10.2012. Energiatehokkuus.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:FI:PDF>
22. Periaatepäätös. Valtioneuvosto. Luettu 11.2.2014
<http://valtioneuvosto.fi/toiminta/periaatepaatokset/lisatietoa/fi.jsp>
23. Valtioneuvoston periaatepäätös kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen (cleantech-ratkaisut) edistämisestä julkisissa hankinnoissa. 8.4.2009.
http://www.tem.fi/files/36938/Valtioneuvoston_periaatepaatos_kestavien_ymparisto_ja_energiaratkaisujen_%28cleantech_ratkaisut%29_edistamisesta_julkisissa_hankinnoissa.pdf
24. Turvallisuusvaatimukset. Tukes. Luettu 15.2.2014
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Turvallisuusvaatimukset/>

25. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Luettu 14.1.2014
http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma
26. Rakentamismääräyksillä energiatehokkuutta uudisrakentamiseen. Ympäristöministeriö ja Motiva Oy. 3/2012.
http://www.motiva.fi/julkaisut/rakentaminen/rakentamismaarayksilla_energiatehokkuutta_uudisrakentamiseen.1072.shtml
27. Latausasemat. GARO Finland Oy. Esite K-L 13/08
28. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2012. Tilastokeskus. Luettu 14.4.2014
http://www.stat.fi/til/khki/2012/khki_2012_2013-12-12_kat_001_fi.html
29. Energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa korjausrakentamisessa. Ympäristöministeriö. 27.2.2013. Luettu 18.2.2014
[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess\(3871\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess(3871))
30. Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013. Luettu 19.2.2014
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130050>
31. Motiva neuvo energiatodistuksista – Laki rakennuksen energiatodistuksesta voimaan 1.6.2013. Energiatodistus. Julkaistu 3.6.2013. Luettu 19.2.2014
<http://energiatodistus.motiva.fi/uutiset/motivaneuvoorakennuksenenergiatodistuksesta03062013/>
33. Ekosuunnittelulaki. Ympäristöministeriö. Luettu 15.2.2014
https://www.tem.fi/energia/energiatehokkuus/tuotteiden_energiatehokkuus/ekosuunnittelulaki
34. LVIS–Talotekniikka. Tuotteiden ekosuunnittelu ja energiamerkintä. Luettu 11.3.2014. <http://www.ekosuunnittelu.info/tuoteryhmat/lvis-talotekniikka>
35. Moottorit ja pumput. Tuotteiden ekosuunnittelu ja energiamerkintä. Luettu 11.3.2014
http://www.ekosuunnittelu.info/tuoteryhmat/moottorit_ja_pumput
36. Ekosuunnitteluasetus sähkömoottoreista 640/2009. KOMISSION ASETUS (EY) N:o 640/2009. Annettu 22.7.2009.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:02009R0640-20090812&qid=1397124378390>
37. Ekosuunnitteluasetus puhaltimista 327/2011. KOMISSION ASETUS (EU) N:o 327/2011. Annettu 30.3.2011.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:090:0008:0021:fi:PDF>
38. Ekosuunnitteluasetus kiertovesipumpuista 641/2009. KOMISSION ASETUS (EY) N:o 641/2009. Annettu 22.7.2009
<http://www.ekosuunnittelu.info/tuoteryhmat>

39. Energiatehokkuuteen liittyvä standardointi. Ekosuunnittelu–foorum. 2.9.2012. Juha Vesa. SESKO. Luettu 19.2.2014
www.ekosuunnittelu.info/files/90/Energiatehokkuuteen_liittyva_standardisointi.pdf
40. ST-julkaisut. Sähkötieto ry. Luettu 19.2.2014
<http://www.sahkotieto.fi/index.php?k=14937>
41. Rakennusten energiatehokkuuteen – eurooppalaisia standardeja. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
42. SFS-käsi­kirjat. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Luettu 19.2.2014
http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/julkaisut/sfs-kasikirjat
43. Rakennuksen energiatodistus. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Luettu 15.2.2014
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Rakennuksen_energiatodistus
44. Energiatodistus. Motiva. Luettu 15.2.2014
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/energiatodistus>
45. Energiatehokkuussopimukset ja –katselmukset. Työ- ja elinkeinoministeriö. Luettu 16.2.2014
http://www.tem.fi/energia/energiatehokkuus/energiatehokkuussopimukset_ja_katselmukset
46. Energiakatselmustoiminta. Motiva. Luettu 16.2.2014
www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta
47. Asuinkerrostalojen energiakatselmus. Motiva. Luettu 16.2.2014
www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/muut_energiakatselmukset/asuinkerrostalon_energiakatselmus
48. Asuinkerrostalojen energiakatselmuksen toteutusohje. Motiva Oy. 1.2.2005
http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/muut_energiakatselmukset/asuinkerrostalon_energiakatselmus/asuinkerrostalojen_energiakatselmusmalli
49. Energiatehokkuussopimukset. Motiva. Luettu 17.2.2014
<http://www.motiva.fi/toimialueet/energiatehokkuussopimukset>
50. Tietoa sopimuksista. Energiatehokkuussopimukset. Luettu 16.2.2014
http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista/
51. Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. Perusteet ja opas. 2.3.2012. Ympäristöministeriö.
52. Rakennuksen energia ja ekotehokkuus. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Luettu 24.2.2014
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus

53. Millainen on energiatehokas pientalo. Motiva. Luettu 24.2.2014
http://www.motiva.fi/rakentaminen/millainen_on_energiatehokas_pientalo
54. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. Opas palvelukiinteistön rakentajalle, suunnittelijalle ja käyttäjälle. Motiva Oy. 2012
55. Energiaketjun optimointi. ABB. Luettu 10.3.2014
<http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/134e196890a1828ec1257291003be2ca.aspx>
56. Energiatehokkuuden kotiläksyt tekemättä? Jukka Toivanen.12.8.2013. Luettu 8.12.2013
<http://www.abb-conversations.com/fi/2013/08/energiatehokkuuden-kotilaksyt-tekematta/>
57. Matalaenergiatalo. Energiatehokas koti. Luettu 24.2.2014
http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/matalaenergiatalo
58. Passiivitalon määritelmä. Ohjeita passiivitalon arkkitehtisuunnitteluun. Luettu 24.2.2014. <http://www.passiivi.info/data.php?sivu=maarittely>
59. Lähes-nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Useita tekijöitä. 2013.
<http://www.sitra.fi/julkaisu/2013/lahes-nollaenergiatalon-suunnitteluohjeet>
60. ”Nämä ongelmat ovat selvästi lisääntyneet” – Yle: Professori varoittaa matalaenergiataloista. Talouselämä. Julkaistu 5.2.2014. Luettu 24.2.2014
<http://www.talouselama.fi/uutiset/tama+talo+tuottaa+100+prosenttia+kuluttamastaan+energiasta/a2008323>
61. Sisäilmastoluokitus 2008 - Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 2008. Sisäilmastoyhdistys.
62. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osa. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. 1/11 Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 30.3.2011.
63. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osa. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. 2/11 Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 30.3.2011.
64. SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1:Sisätilojen työkohteiden valaistus.
65. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Tekninen liite. Pekka Kalliomäki. 28.3.2011
http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma
66. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osa. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Ohjeet 2012. 6/13 Ympäristöministeriön ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskennasta. 17.5.2013.

67. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. Ohjeet. Maaliskuu 2013. LVI 30–10529.
68. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Perustelumuistio. Ympäristöministeriö. Jyrki Kauppinen. 27.2.2013 [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess\(3871\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisess(3871))
69. Asumisen energiankulutus kasvoi vuonna 2012. Tilastokeskus. Julkaistu 13.11.2013. Luettu 24.2.2014 http://www.stat.fi/til/asen/2012/asen_2012_2013-11-13_tie_001_fi.html
70. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011. Tutkimusraportti 26.2.2013. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/sahkonkulutus
71. Piikkilä, V. Kouluttaja. 2011. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Luento materiaali. 15.8.2011. Tampereen ammattikorkeakoulu
72. ST–Käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Tietotekniset järjestelmät. Sähkötieto ry. 2012
73. Suvanto, P. 2010. Rakennusautomaatio leikkaa tarpeettoman kulutuksen – mukavuudesta tinkimättä. Rakennusautomaatio elää vahvaa nousukautta. Power & Automation. Julkaistu 3/2010, Luettu 10.3.2014 <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/9e53a428db3cfc57c125782c002aafcc.aspx>
74. KNX–taloautomaatio 2012. ABB http://www.asennustuotteet.fi/54/KNX-taloautomaatio_FIN1.html
75. SFS–Käsikirja 670-5. Sähköinen talotekniikka. Osa 5: Yleiset vaatimukset koti- ja rakennusautomaatiojärjestelmille. 2013. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
76. ST–Käsikirja 22. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Sähkötekniset tietojärjestelmät. Sähkötieto ry. 2008.
77. KNX ammattilaisille. KNX Finland. Luettu 28.2.2014 <http://www.knx.fi/index.php>
78. Piikkilä, V. Kouluttaja. 2013. Integraatioprojekti. Luento materiaali. 13.11.2013. Tampereen ammattikorkeakoulu
79. ST 21.32. Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioonottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa. Sähkötieto ry. 15.5.2012.
80. Energiatehokas ilmanvaihto. 2012. Ilmanvaihdon käyttö- ja huolto-ohje. Motiva Oy http://www.motiva.fi/julkaisut/koti_ja_asuminen?C=1046&product_id=336
81. Luoma, J. Kouluttaja. 2013. Rakennusautomaation jatkokurssi. Luento materiaali. Syksy 2013. Tampereen ammattikorkeakoulu

82. Energiatohokkuuden kehittäminen energiayhtiöiden toimin. Yhteenvetoraportti ENETE-projektista. Elokuu 2010. Useita tekijöitä.
http://www.ece.hut.fi/enete/ENETE_Loppuraportti.pdf
83. Ensto. Enervent. Ilmanvaihtoratkaisut. Esite.
84. Mihin energiaa kuluu? Lämmönkulutus. Luettu 24.2.2014
http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu
85. Mihin lämpöä tarvitaan? Motiva. Luettu 24.2.2014
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/mihin_lampoa_tarvitaan
86. Lämmitys. Energiatohokas koti. Luettu 17.3.2014
http://www.energiatohokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys
87. Kaukolämmitys. Energiatoimisuus ry. Luettu 17.3.2014
<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>
88. Energiatohokkaat sähkömoottorit. Opas energiatohokkaiden sähkömoottoreiden hankintaan ja moottorin ja järjestelmän energiatohokkuuden parantamiseen. Energiatohokkaat hankinnat. Motiva Oy. 12/2011
http://www.motiva.fi/julkaisut/hankinnat/energiatohokkaat_sahkomoottorit.1622.shtml
89. Energiatohokkaat pumpput. Opas energiatohokkaiden pumppujen hankintaan ja pumppausjärjestelmän energiatohokkuuden parantamiseen. Energiatohokkaat hankinnat. Motiva Oy. 12/2011
http://www.motiva.fi/julkaisut/hankinnat/energiatohokkaat_pumpput.1622.shtml
90. The European motor challenge programme. Evaluation 2003–2009. JRC Scientific and Technical Reports. Paolo Bertoldi, Marion Elle. 2010
http://iet.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/scientific_publications/2010/the_european_motor_challenge_programme_evaluation_2003-2009.pdf
91. Energiatohokas moottorijärjestelmä. Koulutusmateriaali. Motiva Oy. 2009
http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse_ja_tehosta_yrityksen_energian kayttoja/energian kayton_tehostamistoimenpiteet/kayttohyodykejarjestelmat/sahkomoottorit
92. Vuorivirta, A. 2014. Uudet sähkömoottoritekniikat energiansäästöjen tuojana. ABB Oy Kotimaan myynti. SSTY Sairaalekniikan päivät. 12.2.2014
93. Vakio moottorit. ABB. Luettu 14.3.2014
<http://www.abb.fi/product/fi/9AAC169424.aspx>
94. Yli-Rämi, H. Kouluttaja. 2013. Sähkömoottorikäytöt. Luento materiaali. Syksy 2013. Tampereen ammattikorkeakoulu
95. ABB:n TTT-käsikirja 2000–07. Luku 18: Sähkömoottorikäytöt
96. Valaistushankintojen energiatohokkuus. Taustaraportti. Versio 4.0. Suomen Valoteknillinen Seura ry. Toukokuu 2008

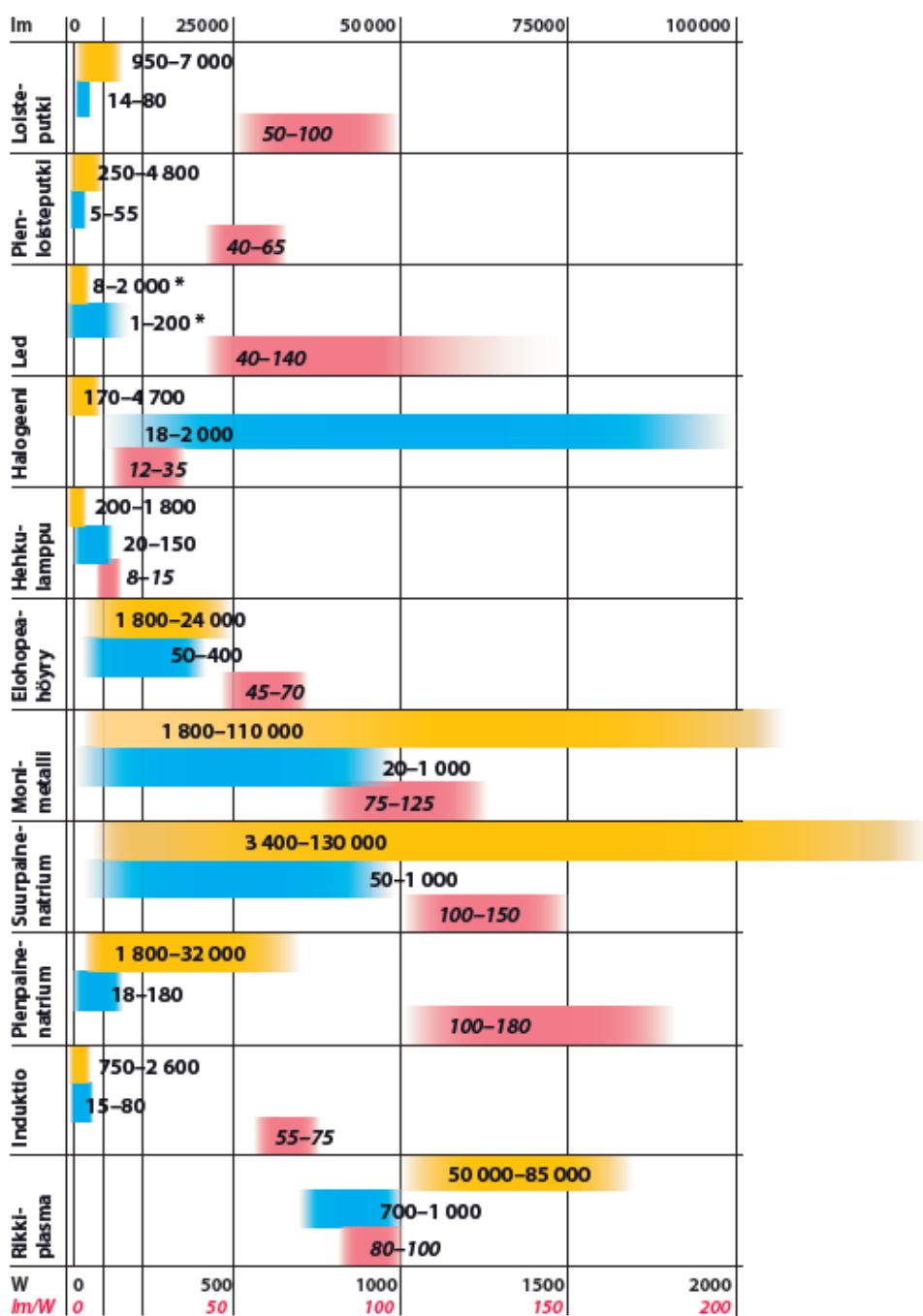
97. Energiatehokas valaistus vähentää hiilidioksidipäästöjä ja säästää rahaa. Valosto. Suomen Valoteknillinen Seura ry.
http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf
98. Kokonaistaloudelliset valaistushankinnat. Opas energiatehokkaiden valaistusratkaisujen julkisiin hankintoihin. Energiatehokkaat hankinnat. Motiva Oy.
http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/234/Kokonaistaloudelliset_valaistushankinnat.pdf
99. SFS-EN 15193 Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2008
100. ST 58.04. Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. ST-kortisto. Sähkö-tieto ry. 15.9.2013.
101. Valon havaitseminen ja valon fysiologiset vaikutukset. Premiumlight. Luettu 26.3.2014
<http://www.premiumlight.eu/index.php?page=perception-of-light-7>
102. Valaistussuunnittelu. Lampputieto. Luettu 25.3.2014
<http://www.lampputieto.fi/valaistussuunnittelu/>
103. Kallioharju, K. 2013. Valaistussuunnittelu. Luento 1. Omat muistiinpanot. kevät 2013. Tampereen ammattikorkeakoulu
104. Valonlaatu. Kodinvalaistus. Luettu 26.3.2014
<http://www.kodinvalaistus.fi/valon-laatu/>
105. Kallioharju, K. 2012. Valaistustekniikka. Luento 2:Valo, valosuureet ja peruslait. 25.10.2012. Tampereen ammattikorkeakoulu
106. Kallioharju, K & Harsia, P. 2012. Valaistustekniikka. Luento 7:Sisävalaistuksen suunnittelu ja valaistusratkaisut. 7.11.2012. Tampereen ammattikorkeakoulu
107. ST 57.45. Valaisimen valinnan perusteet. ST-kortisto. Sähkötieto ry. 2004.
108. ST 58.08. Valonlähteiden ominaisuudet. ST-kortisto. Sähkötieto ry. 15.11.2009
109. Kallioharju, K. 2012. Valaistustekniikka. Luento 4:Valonlähteet. 24.10.2012. Tampereen ammattikorkeakoulu
110. RT 75–11118. Lamput. RT-kortisto. Elokuu 2013. Rakennustieto Oy. Rakennus-tietosäätiö RTS 2013
111. Valaistuksen perusteet. Premiumlight. Luettu 25.3.2014
<http://www.premiumlight.eu/index.php?page=lighting-basics-7>
112. ST 57.52. LED–Valaistusjärjestelmät. ST kortisto. Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy. 15.5.2008
113. Uusi ledilamppu korvaa elohopealampun – Miljoonien säästöt kuntien ulkovalais-tuksessa. Suomen Valoteknillinen Seura ry. Sähköpostiviesti 1.4.2014

114. MVa & SHa. 2010. Fagerhult. Valaistussuunnittelun treندهä. Valaistustekniikka / yritysvierailu. 2012. Tampereen ammattikorkeakoulu.
115. Kallioharju, K. 2013. Valaistussuunnittelu. DALI luentomateriaali. 12.2.2013. Tampereen ammattikorkeakoulu
116. Valonsäätö. Mahdollisuudet. Fagerhult.
http://www.fagerhult.fi/indoor/planering/technical-info/pdf/Valonsaato_12.pdf
117. University of Cincinnati. News. UC's SmartLight More Than a Bright Idea, It's a Revolution in Interior Lighting Ready to Shine. 6.11.2013. Luettu 5.4.2014
<http://www.uc.edu/news/nr.aspx?id=18752>
118. Aurinkosuojaus on tärkeä osa rakennuksen energiansäätöä. Aurinkosuojaus ry. Luettu 5.3.2014
<http://www.aurinkosuojaus.fi/aurinkosuojaus.html>
119. Aurinkosuojuuksella suuri merkitys kiinteistöjen energiatehokkuuteen. Artikkelit 3. Aurinkosuojaus ry.
<http://www.aurinkosuojaus.fi/artikkelit.html>
120. Uutta ilmettä ja energiansäätöä markiiseilla. Artikkelit 1. Aurinkosuojaus ry.
<http://www.aurinkosuojaus.fi/artikkelit.html>
121. RT 37683. Aurinkosuojujen, luonnonvalaistuksen ja luonnollisen tuuletuksen automaattiset laitteet. Somfy Nordic Ab, Finland. Joulukuu 2008.
122. Miten tehdään energiatehokas koti? Aurinkosuojuisratkaisut. Energiatehokas koti. Luettu 5.3.2014
http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti/aurinkosuojuisratkaisut
123. KONEen ekotehokkaat ratkaisut. Esite. KONE Hissit Oy. Luettu 18.3.2014
<http://cdn.kone.com/www.kone.fi/Images/kone-ekotehokkaat-ratkaisut-fi.pdf?v=2>
124. Mannila, M. 2012. Koneen ympäristöjohtaja Hanna Uusitalo: ”Hissien energiatehokkuuden painoarvo kasvaa”. Rakennuslehti, talous & trendit. nro 28. 20.9.2012
125. Energiaa talteenottavat järjestelmät. KONE Hissit Oy. Luettu 19.3.2014
<http://www.kone.fi/nae-ja-koe-kone/ymparisto/ratkaisut/energiaa-talteenottavat-jarjestelmat/>
126. KONE ID300. Asumismukavuuden uusi taso. Esite. Kone Hissit Oy. Luettu 18.3.2014.
<http://cdn.kone.com/www.kone.fi/Images/5764-kone-ide300-esite.pdf?v=3>
127. Similä, L & Pihala, H. 2010. Energianäytöt uutena sähkön kuluttajapalautteen muotona. Tutkimusraportti. VTT-R-02235-10. VTT. 22.9.2010
http://www.ece.hut.fi/enete/VTT_ENETE_Energianaytot_220910.pdf

128. Energiatehokkaat ratkaisut. Kiinteistöjen suunnittelu, rakentaminen ja käyttö. Tekes – teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus. 12/2012
http://www.tekes.fi/Julkaisut/Tekes_Energiatehokkaat_ratkaisut.pdf
129. Salo, T. 2013. Loma oli onnistunut, vaikka energiaa säästettiin. 12.6.2013. Luettu 12.4.2014
<http://www.htklusterit.fi/ajankohtaista/uutinen?selArticle=868>
130. Sallinen, P. 2014. Sähköautojen latauspisteiden rakentaminen käynnistyy vauhdilla: Verkkoälyä, säätövoimaa ja päästövähennyksiä. Sähköviesti. 21.3.2014. Luettu 31.3.2014
<http://www.sahkoviesti.fi/uutiset/sahkoautojen-latauspisteiden-rakentaminen-kaynnistyy-vauhdilla-verkkoaly-saatovoimaa-ja-paastovahennyksia.html>
131. Dynaaminen kuorman ohjaus. Dynamic Load Management (DLM). Ensto. Esite.

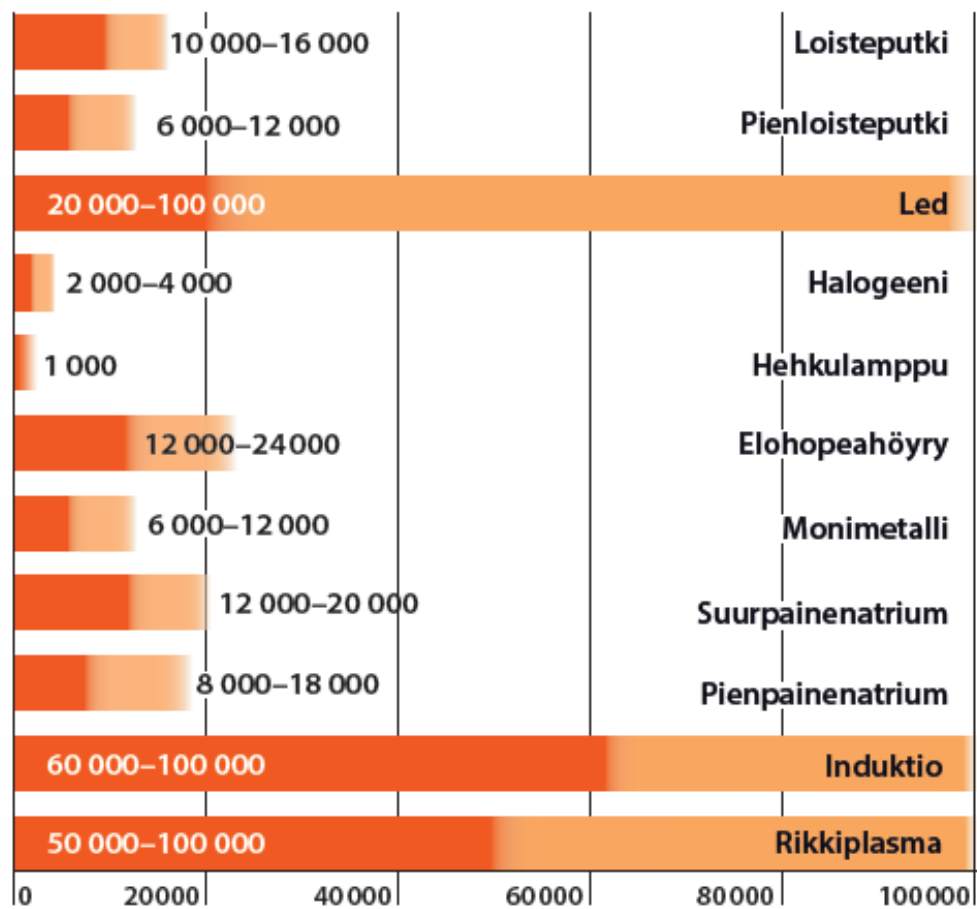
LIITTEET

Liite 1. Lampputyypien valontuotto, teholuokka ja valotehokkuus [110]



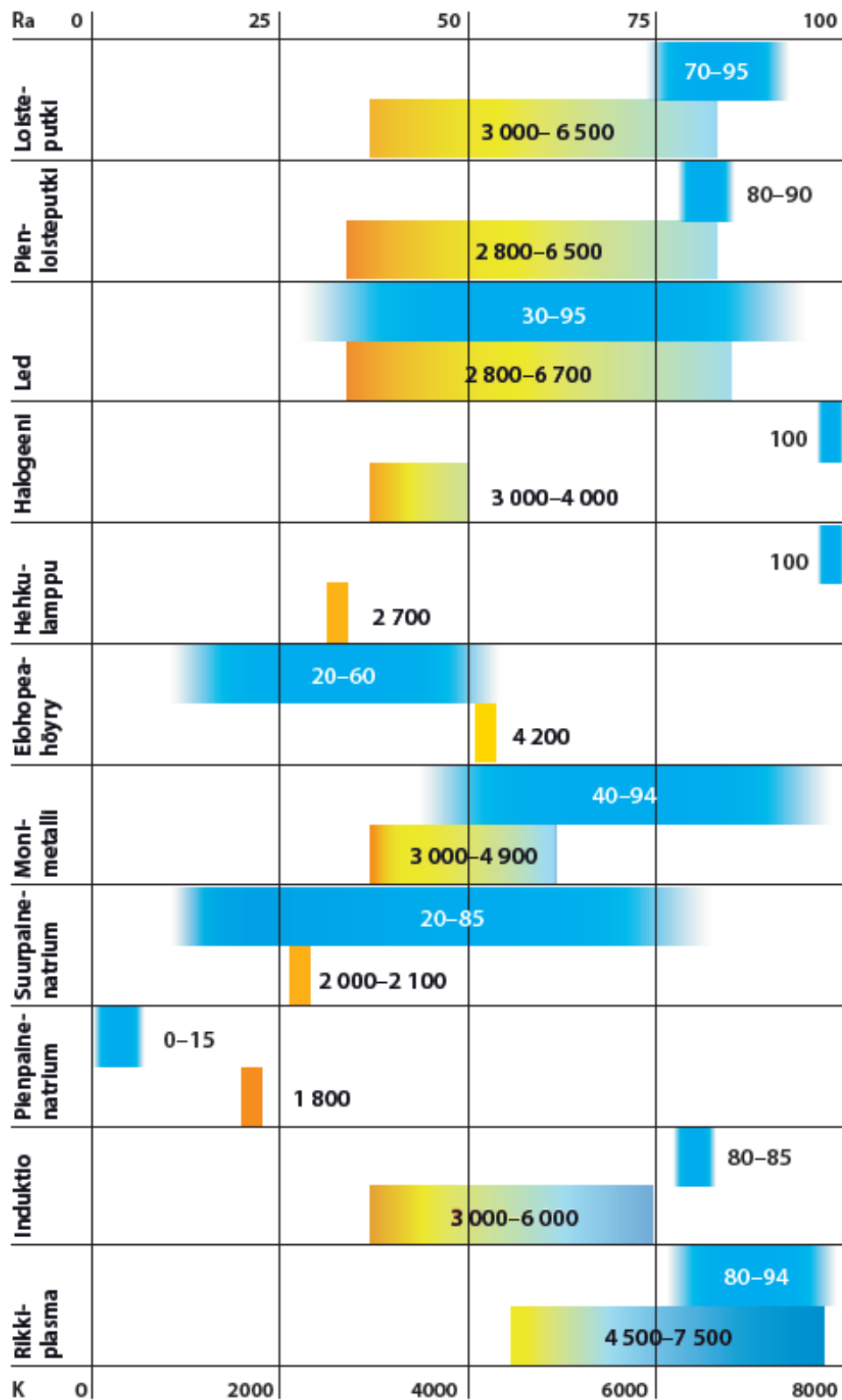
Lampputyypien **valontuotto** ■, **teholuokka** ■ ja **valotehokkuus** ■. Kaavio kertoo millaisia valovirtoja (lm) kustakin lampputyypistä on mahdollista saada ja miten paljon sähkötehoa (W) kukin lampputyyppi käyttää. Alin palkki kuvaa erilaisten lampputyypien valotehokkuutta (hyötysuhdetta, lm/W). Suureet vaikuttavat toisiinsa, mutta ominaisuudet vaihtelevat myös lampun rakenneratkaisuista riippuen. Tyypillisesti värikorjaus laskee valotehokkuutta huomattavasti.

Liite 2. Lampputyypin käyttöikä [110]



Eri lampputyypin tyypillisiä saavutettavia käyttöikä tunteina (h).

Liite 3. Lampputyypin käyttöikä [110]



Lamppujen tyypillisiä värielämytila- ja värintoistoarvoja (Kelvinit ja Ra-indeksi)